Offert par l'auteur

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

POUR SERVIR A L'HISTOIRE

DE LA VITALITÉ PROPRE

DES TISSUS ANIMAUX

PAR

PAUL BERT,

LAURÉAT DE L'INSTITUT

(PRIX DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE, ANNÉE 1865)

Docteur en médecine, Licencié en droit, Membre de la Société philomathique, de la Société de biologie, etc.,
Chargé du cours de zoologie, anatomie et physiologie à la Faculté des sciences de Bordeaux.

THÈSE

PRESENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR LE GRADE

DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PARIS

IMPRIMERIE DE E. MARTINET

RUE MIGNON, 2

1866

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b22339589

A LA MÉMOIRE

DE PIERRE GRATIOLET

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

A M. CLAUDE BERNARD

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS ET AU COLLÉGE DE FRANCE.

A M. MILNE EDWARDS

MEMBRE DE L'INSTITUT

DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS, PROFESSEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

Hommage respectueux et reconnaissant.

PAUL BERT.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

POUR SERVIR A L'HISTOIRE

DE LA VITALITÉ PROPRE DES TISSUS ANIMAUX

INTRODUCTION.

L'étude des phénomènes que présentent à l'état de vie les corps organisés a été ramenée de nos jours à ses termes les plus simples, ou, pour emprunter le langage mathématique, à des termes irréductibles. Les organes qui constituent ces corps sont, en effet, composés de particules figurées dites éléments anatomiques, agencées en des rapports divers, et douées de modes d'activité spéciaux, en relation déterminée avec des conditions particulières ; et il est donc facile de comprendre que, si ces rapports et ces modes d'activité, avec leurs conditions, nous étaient complétement connus, la connaissance des fonctions organiques s'en déduirait, comme se déduit une résultante de la notion exacte de ses composantes. Plus on pénétrera dans la profondeur des questions biologiques, plus on se convaincra de cette vérité, que les fonctions exécutées par les êtres vivants, celles même qui semblent posséder au plus haut degré le caractère d'unité, ne sont que le produit du consensus dynamique, de la synergie d'une multitude d'éléments anatomiques harmoniquement groupés.

Envisagés de ce point de vue, qu'ont surtout contribué à éclairer d'une vive lumière les travaux de M. Cl. Bernard, en France, et de M. Virchow, en Allemagne, les phénomènes physiologiques, si variés dans les divers organes d'un même animal et dans les organes similaires d'animaux différents, apparaissent avec une simplicité et une unité pleines de grandeur. L'analyse des expressions fonctionnelles par lesquelles se traduisent les mécanismes si complexes et si multipliés que réalisent les êtres végétants ou animés, ne présente plus qu'une importance secon-

daire, à moins que, par une opération hardie et périlleuse de l'esprit, elle ne nous fasse faire quelque progrès dans la connaissance des qualités propres à leurs éléments anatomiques. Celles-ci, en effet, ne reconnaissent pas ces lignes de démarcation péniblement établies par les classificateurs zoologistes ou anatomistes ; partout où se manifestent ces phénomènes si saisissants désignés par l'expression de vie, elles se manifestent en même temps ; ou plutôt, elles sont la vie même, elles la constituent par leur association diverse et leur intensité variable, depuis le plus simple microphyte jusqu'au sublime des êtres animés. Ce qui est vrai pour elles chez un animal ou un végétal est, en principe, vrai chez tous. Prises isolément, elles ne sont pas même l'apanage exclusif d'une forme élémentaire déterminée : la motilité, par exemple, n'appartient pas seulement à l'élément dit musculaire, car chacun connaît les mouvements vibratiles et sarcodiques. Il est même, ce me semble, permis de supposer que toutes les propriétés vitales sont réunies dans chaque élément anatomique, et que ceux-ci ne diffèrent les uns des autres, outre leur configuration spéciale, que par la prédominance plus ou moins marquée chez chacun d'eux de quelqu'une de ces propriétés. L'étude des modes d'activité de la matière organisée, considérée dans les *organites élémentaires* (Milne Edwards), étude qui s'élève au-dessus de toutes les questions de mécanisme, de forme et d'espèce, constitue donc le problème le plus général et le plus important de la biologie.

A vrai dire, ce ne sont pas ces propriétés elles-mêmes, mais seulement leurs manifestations dans certaines circonstances qui incombent à notre observation. Nous n'étudions que des phénomènes d'origine inconnue, consécutifs ou concomitants à certains autres phénomènes d'origine connue, et ce n'est que par abstraction que nous remontons de ces connaissances concrètes à une idée de causalité, à l'hypothèse de propriétés, en faveur desquelles il faudrait bien nous garder de reconstituer une ontologie nouvelle.

Nous sommes donc amenés à considérer l'étude des phénomènes antérieurs ou concomitants comme présentant une im-

portance du premier ordre. Ce sont ces phénomènes que l'on désigne ordinairement sous le nom de *conditions de milieu*, et qu'on pourrait nommer *conditions extrinsèques*. Leur influence est telle, qu'elle peut profondément modifier et même supprimer les manifestations de ce que nous continuerons à appeler, pour la commodité du langage, les *propriétés élémentaires*, et qu'on pourrait peut-être plus justement nommer les *conditions intrinsèques*. Ainsi, le froid ralentit, et fait disparaître le mouvement des cils vibratiles, que la chaleur ensuite peut ranimer à nouveau. Ainsi encore, selon une grande école allemande, les cellules *indifférentes* du tissu conjonctif peuvent devenir, suivant les circonstances de milieu, des éléments de la moelle des os, des corpuscules osseux, des cellules de cartilage, des globules de pus, etc.

Ce n'est donc point parler philosophiquement que de dire, par exemple, la fibre musculaire est contractile ; il faut dire encore dans quelles conditions elle manifeste cette propriété, car au-dessus de 45 degrés, pour les Mammifères, sa contractilité disparaît. Une des premières questions à résoudre en physiologie générale se trouvait donc celle de savoir sous quelles influences, dans quelles conditions peuvent continuer à s'exécuter dans les éléments les modifications morphologiques ou nutritives, de rechercher, si l'on peut ainsi parler, les limites d'élasticité des propriétés vitales.

Les considérations que nous venons d'exposer brièvement montrent que, dans l'étude expérimentale de cette question, on devait être amené à des résultats d'un véritable intérêt, à cause de leur généralité. Ce n'est pas que nous prétendions pour cela qu'on doive trouver entre les propriétés d'éléments analogues appartenant à des êtres différents une identité complète quant à l'énergie des manifestations, quant aux limites d'élasticité, comme nous disions tout à l'heure : non, certes, pas plus qu'entre les propriétés d'éléments divers appartenant au même être. Mais ce que nous espérons, c'est qu'on sera conduit par des expériences bien conçues à tout ramener à des différences en plus ou en moins, dont la physique, la chimie ou l'anatomie pourront

apprécier les raisons, et à supprimer ces différences dites essentielles qui tendent à rejeter la physiologie dans les régions mystérieuses où se plaît l'hypothèse. N'avons-nous pas vu l'antique division des Vertébrés en animaux à sang chaud et animaux à sang froid, qui semblait établir entre ces deux groupes d'êtres un abîme, disparaître, au point de vue physiologique, devant une seule expérience de M. Cl. Bernard? L'unité des propriétés physiologiques élémentaires se dégagera de plus en plus de l'infinie variété des manifestations, due à l'infinie variété des rapports anatomiques et des conditions de milieu.

Lorsque notre attention fut fixée sur ce point important de la physiologie générale, nous fûmes surpris de voir combien peu de résultats se trouvent consignés dans la science : pour ce qui a rapport aux propriétés de nutrition des éléments chez les animaux dits supérieurs, notamment, rien n'avait été fait. Cette pénurie nous a semblé tenir surtout à l'absence de procédés expérimentaux pouvant, chez ces derniers animaux, s'appliquer à ces propriétés. Il s'en est présenté un à notre esprit, que nous avons déjà mis nombre de fois en pratique. Ce sont les résultats obtenus à son aide qui constituent la partie fondamentale du mémoire que nous avons l'honneur de soumettre au jugement de la Faculté. Mais nous prions nos juges de bien considérer que la présente thèse n'est point, à nos yeux, un travail terminé, et que notre procédé d'expérimentation est loin de nous avoir donné tout ce que nous espérons en tirer. Puisse ce que nous publions aujourd'hui nous mériter leur approbation, et le présent leur faire bien augurer de l'avenir!

CHAPITRE PREMIER.

DE LA MÉTHODE DES TRANSPLANTATIONS ANIMALES.

Les progrès récents de la physiologie générale ont rendu presque oiseuse toute discussion sur l'existence de la vitalité propre des tissus, ou plutôt des éléments anatomiques chez les animaux comme chez les végétaux. On sait aujourd'hui que l'élément possède une vie personnelle, indépendante de la vie

générale du corps auquel il appartient, et n'empruntant à ce corps, qui est pour lui un milieu (Cl. Bernard), que les conditions nutritives nécessaires à réparer ses déperditions incessantes. La conséquence immédiate de cette autonomie des éléments, conséquence tellement directe que c'est elle qui a fait en grande partie découvrir le principe, c'est que ces organites, détachés du corps, ne perdent pas aussitôt leurs propriétés caractéristiques. Celles-ci disparaissent, il est vrai, plus ou moins rapidement, mais il est évident que cette perte est en rapport avec les nouvelles conditions dans lesquelles se trouve l'élément séparé ; en sorte que si l'on pouvait, par la pensée, rendre à cet élément les conditions que lui présentait le milieu vivant en dehors de ce milieu même, il continuerait à vivre dans son isolement comme il vivait au sein de l'association organique dont il faisait partie.

Notre but, dans nos recherches, n'a pas été seulement d'apporter de nouveaux matériaux à la démonstration de l'indépendance vitale des tissus, mais surtout d'étudier l'action de milieux divers sur l'existence de leurs propriétés, ou, si on l'aime mieux, la résistance de ces propriétés à l'influence de milieux divers.

Au point de vue spécial où nous nous sommes placé, les propriétés physiologiques peuvent être groupées en trois catégories. Pour les unes, un changement immédiat dans la forme signale leur manifestation et témoigne de leur existence ; pour d'autres, les changements sont lents à se produire, mais ils sont alors tellement évidents, ils s'opèrent sur une telle échelle, qu'il suffit d'ouvrir les yeux pour les reconnaître ; pour celles de la troisième catégorie, les changements sont souvent aussi fort lents, mais toujours d'une nature intime qui influe peu sur l'apparence extérieure, et apporte de grandes difficultés dans leur constatation.

Les premières sont les propriétés desquelles résulte le mouvement : sensibilité, réflectivité, motricité, contractilité. Les secondes sont celles desquelles résultent la fécondation et le développement d'un nouvel être. Les dernières, celles desquelles résulte la nutrition élémentaire.

L'étude de l'énergie avec laquelle les propriétés appartenant

aux deux premiers groupes résistent aux causes de destruction qui agissent sur elles sera toujours relativement facile. Pour savoir, par exemple, si un œuf fécondé a perdu son aptitude au développement par l'action d'une température donnée, il suffira de le placer ensuite dans les conditions où ce développement peut s'opérer, et d'attendre l'événement. Pour savoir si une liqueur acide détruit la contractilité musculaire, il suffit, après l'avoir fait agir sur le muscle, d'interroger directement celui-ci par l'électricité. Mais pour les propriétés d'ordre nutritif et pour celles de développement considérées dans une partie d'un être en voie d'évolution, la difficulté est infiniment plus grande. De ce que le muscle attaqué par l'acide ne peut plus répondre aux excitants, est-ce à dire qu'il soit mort, que la nutrition soit impossible chez lui, et qu'elle ne puisse même lui rendre cette contractilité disparue, mais non détruite ? Nous n'en savons absolument rien, et il faut, pour nous éclairer sur ce point important, des expériences dont la difficulté apparaît d'abord aux yeux.

Lorsque les physiologistes ont tenté de déterminer à quelle température meurent les animaux, ils n'ont aucunement contribué à éclaircir, par rapport au modificateur calorique, la question de la vitalité élémentaire. Si nous élevons la température propre d'un oiseau jusqu'à ce qu'elle atteigne 51 ou 52 degrés, nous voyons l'animal succomber ; faut-il conclure que ses os, ses tendons, tous ses éléments cellulaires sont morts ? En aucune façon : ses muscles ont à ce degré thermométrique perdu leur contractilité, et comme leur intermédiaire est indispensable à l'exécution de tous les actes qui entretiennent la vie, l'oiseau est mort, comme il serait mort de tout autre poison musculaire ; mais dans ses autres éléments anatomiques et dans ses muscles eux-mêmes, les propriétés nutritives subsistent probablement encore.

Il résulte de ceci que, pour connaître complétement l'action d'un modificateur quelconque sur les propriétés physiologiques, il faut, après l'application de ce modificateur, rendre à la partie en expérience des conditions identiques ou du moins très-analogues à celles au milieu desquelles elle se trouvait primitivement. Mais, ici, une grave difficulté expérimentale se

présente : pour soumettre bien entièrement la partie à l'action du modificateur, il faut momentanément la séparer du corps auquel elle appartenait, afin de la soustraire tout à fait à l'influence de ce corps ; or, il devient très-difficile de lui rendre ensuite ses conditions antérieures d'existence.

Pour certains animaux à sang froid, la longue persistance de la vie dans les parties séparées du corps, persistance si manifeste par la contractilité musculaire et l'excitabilité nerveuse, permettrait de faire l'expérience sous une forme directe. Que, par exemple, on lie le train postérieur d'une Grenouille, de manière à y interrompre la circulation, qu'on soumette cette partie à l'action d'une température de + 40 degrés, le reste du corps étant soigneusement mis à l'abri ; qu'on délivre ensuite l'animal, qu'on relâche la ligature, et il sera facile de voir si, la circulation se rétablissant, les parties postérieures immobiles peuvent continuer à vivre et à grandir, en supposant que la Grenouille n'ait pas encore atteint tout son développement ; si, de plus, elles reprendraient leur sensibilité et leur contractilité sous l'influence des nerfs moteurs (1). Mais il peut arriver que cette température ait occasionné dans les membres liés la formation de substances capables de tuer l'animal quand elles seront jetées dans le torrent circulatoire. En outre, ce procédé d'expérimentation est très-incomplet, en ce qu'il ne peut être employé que pour des agents dont l'influence se fait sentir à travers la peau.

Réfléchissant à ces difficultés, il me vint à l'esprit d'appliquer à l'étude de ces questions la méthode des transplantations, déjà si heureusement utilisée par d'habiles expérimentateurs pour résoudre d'importants problèmes de physiologie, méthode qui m'a paru satisfaire à toutes les exigences de la situation. Elle permet, en effet, d'isoler complétement du corps de l'animal la partie sur laquelle on se propose d'expérimenter, de faire agir sur elle, d'une manière certaine, le modificateur que l'on veut étudier, et de la réintégrer ensuite dans des conditions analogues,

(1) Cette expérience différerait de celles de Preyer (*Centralblatt*, 1864, n° 49) en ce que ce dernier écorchait les pattes de ses Grenouilles, ce qui entraînait dans un bref délai la mort des animaux.

sinon identiques à celles au milieu desquelles elle vivait d'abord.

Jusqu'aux expériences que j'ai entreprises avec son aide, et qui seront exposées plus loin, on n'avait mis cette méthode en usage que pour faciliter la détermination du rôle de certains tissus ou de certains éléments, qu'on pouvait ainsi placer dans des conditions d'isolement, et, par suite, d'observation plus simple; ou encore, pour savoir à quelles parties du corps elle était susceptible de s'appliquer, quelles parties pouvaient en être séparées, puis remises en place ou transplantées sans périr.

Ces dernières questions sont d'une importance bien moindre, depuis que le principe vital a tant perdu de son prestige en perdant sa mystérieuse unité.

Je me contenterai donc de rappeler qu'on a pu transplanter des poils [Dzondi (1), Dieffenbach (2), Wiesmann (3)], des ergots de coq [Duhamel (4), J. Hunter (5), Baronio (6), etc.], des dents [A. Paré (7), J. Hunter (8), etc.]; qu'on a pu remettre en place de la peau, des nez, des oreilles, des doigts, des pommettes, des mentons, enlevés quelquefois depuis plusieurs heures [Garengeot (9), Hoffacker (10), Bünger (11), Baronio, Dieffenbach, Percy (12), W. Balfour (13), Wiesmann, Jobert de Lamballe (14), etc.]; qu'on a pu faire reprendre dans le péritoine, des testicules [J. Hunter (15), Wagner (16), Mante-

(1) *Beitrage zür Vervolkomnung der Heilkunde*, Th. I. Halle, 1816.

(2) *Considérations générales sur la transplantation des parties animales* (*Journ. compl. des sciences méd.*, Paris, 1830, t. XXXVIII, p. 271).

(3) *De coalitu partium a reliquo corpore prorsus disjunctarum*. Lipsiæ, 1824.

(4) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1746, p. 350.

(5) *Œuvres complètes*, trad. de Richelot, t. III, p. 309.

(6) *Mem. della Soc. ital.*, t. IV, 1788. — *Degli innesti animali*. Milano, 1818.

(7) *Œuvres*, lib. XVII, cap. XXVI, et lib. XXIV, cap. II.

(8) *Op. cit.*, t. II, p. 84.

(9) *Traité des opérations de chirurgie*, 3e vol. Paris, 1751.

(10) *Bull. des sciences méd.* de Férussac, 1829, t. XVIII, p. 75.

(11) L'observation est tout entière dans la thèse de Wiesmann.

(12) *Dict. des sciences méd.*, art. Ente et Nez. Paris, 1815 et 1819.

(13) *Bibl. brit. des sciences et des arts*, t. LIX. Genève, 1815.

(14) *Traité de chirurgie pratique*. Paris, 1849, t. I, p. 115.

(15) *Op. cit.*, t. I, p. 444.

(16) *Verhandlungen der Göttinger Akademie*, 1851.

gazza (1), etc.], des rates [Philipeaux (2), Mantegazza (3)], des utérus, des mâchoires [P. Bert (4)], des estomacs [Mantegazza (5)]; enfin, dans le tissu cellulaire sous-cutané ou intermusculaire, on a pu transplanter du périoste [Ollier (6)], des os [Ollier (7)], des muscles [Wiesmann, Mantegazza (8)], la langue [Mantegazza (9), Bizzozero (10)], des nerfs [Philipeaux et Vulpian (11)], des membres entiers [P. Bert (12)]. Les réussites que croit avoir obtenues M. Mantegazza (13) en greffant chez des Grenouilles des moelles et des cerveaux me paraissent douteuses, d'après son propre récit; toutes mes tentatives sur des Rats ont échoué.

Parmi les éléments non groupés en tissu, on a pu greffer sous la peau les cellules périostiques [Ollier (14)], les cellules jeunes de la moelle des os [Goujon (15)], et, dans les vaisseaux, les globules rouges, et très-probablement aussi les globules blancs du sang. Cette dernière opération, connue depuis longtemps sous le nom de transfusion du sang, a acquis une juste célébrité dans la pratique chirurgicale.

Il est ainsi démontré que tous les éléments qui constituent le corps peuvent continuer à vivre après avoir été séparés de ce corps, si on les replace dans des conditions où les matériaux nutritifs puissent leur être apportés avec une suffisante abondance. Mais nous avons dit que ce n'était pas là le résultat le plus

(1) *Degli innesti animali.* Milano, 1865, p. 39.
(2) Communication orale.
(3) *Op. cit.*, p. 36.
(4) *De la greffe animale.* Paris, 1863, p. 48.
(5) *Op. cit.*, p. 45.
(6) *Journ. de physiol.* de Brown-Séquard, 1859, p. 12.
(7) *Journ. de physiol.* de Brown-Séquard, 1860, p. 88.
(8) *Op. cit.*, p. 22.
(9) *Op. cit.*, p. 27.
(10) *Studii comparativi sui nemaspermi e sulle ciglia vibratili* (Milano, *Annali universali di medicina*, 1864, vol. CLXXXVII).
(11) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1861, t. LII, p. 849.
(12) *Loc. cit.*, p. 52.
(13) *Loc. cit.*, p. 30.
(14) *Journ. de physiol.* de Brown-Séquard, 1859, p. 22, 470.
(15) Communication orale.

intéressant fourni par les transplantations à la physiologie. Nous avons dit que cet isolement des éléments, des tissus ou des organes, peut permettre quelquefois d'analyser plus aisément leur rôle dans la production de quelque phénomène des corps vivants, ou d'étudier les modifications qui surviennent en eux, quand on les soustrait à certaines influences, comme celle du système nerveux, et de s'éclairer par conséquent sur la valeur de ces influences.

Il nous semble utile de passer ici en revue les principales découvertes que la science doit à ce procédé expérimental. Et, en énumérant ainsi les services que la greffe animale a rendus à la physiologie, nous avons principalement pour but de mettre en évidence cette méthode d'investigation qui, appliquée comme d'instinct à l'étude de questions spéciales, n'a pas été jusqu'ici développée à un point de vue général. On a parlé souvent de la question de la greffe animale : c'était une expression mauvaise. La greffe n'est ni une question ni un ensemble de questions ; c'est une méthode que l'on peut employer pour la solution de maints problèmes physiologiques, et dont les personnes qui s'occupent de physiologie morbide pourront un jour tirer les plus utiles résultats. Voyons ce qu'elle a déjà donné.

Transfusion du sang. — Le fait que la restitution, dans les vaisseaux d'un animal exsangue, du sang qui lui a été enlevé, l'arrache à la mort par hémorrhagie, ce fait, évident à priori, est connu depuis longtemps ; mais il était réservé à MM. Prévost et Dumas (1) de montrer quelle est la partie du sang qui possède cette propriété de réviviscence, ou plutôt quelle est la partie du sang qui joue le rôle principal dans l'entretien des phénomènes de la vie. Ces physiologistes ont fait voir qu'on tenterait en vain de rappeler à la vie un animal menacé de mort par hémorrhagie, en injectant dans ses veines du sérum sanguin ; la perte de ses globules rouges va le tuer, la reddition de ses globules peut seule le sauver. C'est donc la greffe qui a montré nettement ici l'importance du rôle des globules sanguins.

(1) *Biblioth. univers. de Genève*, t. XVII.

Régénération des nerfs indépendante des centres nerveux. — C'est encore à la greffe qu'on doit la démonstration la plus complète de cette vérité, que la régénération des nerfs séparés des centres nerveux est une évolution autonomique, et qui n'a par conséquent aucun besoin, pour s'effectuer, de l'intervention dite nutritive de ces centres. On sait quelles discussions se sont élevées à ce sujet entre MM. Schiff, Gluge et Thiernesse d'une part, et d'autre part MM. Philipeaux et Vulpian (1). Parmi les faits nombreux invoqués par ces derniers physiologistes à l'appui de l'indépendance nutritive des nerfs, le plus concluant, à coup sûr, est le suivant (2), qui est une transplantation :

Le 25 octobre 1860, un fragment du nerf lingual d'un chien, long de 2 centimètres, est introduit dans le tissu cellulaire sous-cutané de la région inguinale du même animal. Le 19 avril 1861, on examine ce fragment et l'extrémité périphérique du nerf lingual. Celle-ci est restée isolée et contient de nombreux tubes restaurés. Le segment placé sous la peau est grisâtre ; son pincement ne donne pas de douleur. Il contient un certain nombre de tubes restaurés (au moins 15 à 20). Ces tubes sont grêles, et ont pour la plupart 0,005 de diamètre. Ils sont disséminés au milieu des tubes encore altérés ; ceux-ci sont presque tous dépourvus complétement de matière médullaire ; quelques-uns offrent encore des granulations graisseuses en série linéaire, derniers vestiges de l'ancienne matière médullaire ; d'autres enfin paraissent en voie de régénération.

Ici, en effet, il y a isolement complet du tronçon greffé, lequel est soustrait à toutes les influences des organes centraux. On trouvera dans le récit de mes expériences quelques faits en rapport avec ceux que je viens de rappeler.

Direction de l'ébranlement nerveux dans les nerfs de sensibilité. — Par leur belle expérience sur la réunion du nerf lingual avec le nerf hypoglosse, MM. Philipeaux et Vulpian avaient montré que les nerfs sensitifs peuvent transmettre des ébranlements sus-

(1) *Comptes rendus et Mém. Soc. biol.* pour l'année 1859.

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1861, t. LII, p. 849.

ceptibles de mettre en activité les nerfs moteurs, et ils en avaient justement conclu à l'identité des propriétés dans ces deux ordres de conducteurs, jusque-là considérés comme entièrement différents.

J'ai imaginé une expérience de greffe qui met en évidence d'une manière saisissante une partie de cette proposition, en démontrant que dans le nerf sensitif la transmission des impressions s'opère non-seulement dans le sens centripète, mais aussi dans le sens centrifuge, comme elle se fait d'une manière apparente dans le nerf de mouvement. Cette expérience, la voici :

Le 8 mai 1863, j'écorche à un Rat albinos, âgé de trois semaines, l'extrémité de sa queue, sur une longueur de 5 centimètres; j'introduis la partie dénudée dans le tissu cellulaire sous-cutané par un orifice pratiqué à la peau du dos, je couds les bords cutanés, et laisse les choses en position pendant quelques jours. Le 15 mai, je fais à la base de la queue une section circulaire de la peau; le 17, ligature très-serrée; le 18, amputation. La circulation se rétablit assez bien, la cicatrisation s'opère, et les parties greffées grandissent sous la peau et hors de la peau (voy. pl. 1, fig. 1). Vers le milieu du mois d'août, l'animal commence à donner des signes de sensibilité lorsqu'on pince fortement la queue transplantée; au mois de novembre, la sensibilité est revenue à ce point que l'animal crie et cherche à se défendre. Or, il est évident que, dans les nerfs sensitifs de cette queue, les impressions se propagent du sens inverse de leur cours normal, dans une direction qui était primitivement centrifuge.

Un fait remarquable, c'est qu'à ce moment l'animal, si l'on pinçait la queue greffée, ne savait où rapporter le lieu de la lésion. Il lui a fallu à peu près trois mois encore pour faire son éducation parfaite et à apprendre à défendre sa queue, témoignant ainsi que le sentiment prétendu inné que nous aurions, selon certains philosophes, de la position dans l'espace des différents points de notre corps, n'est, comme toutes nos connaissances, qu'un résultat d'expériences.

Il eût été très-intéressant de savoir si le rétablissement de la sensibilité en sens inverse s'opère dans le même temps que pour la sensibilité marchant dans sa direction normale. J'ai essayé de résoudre la question par expérience directe : pour cela, j'enlevai à la partie moyenne de la queue d'un jeune Rat un anneau

cutané ; puis, ayant pratiqué à la peau de son dos deux trous, en communication l'un avec l'autre à travers le tissu cellulaire sous-cutané, je passai la queue à travers ces deux trous à la manière d'un séton ; de sorte que, dans cette partie transplantée, l'extrémité était restée dans ses rapports de direction primitifs ; le gros bout, au contraire, avait été retourné. J'ai échoué dans toutes mes tentatives, à cause de l'indocilité ou de la férocité des animaux sur lesquels je faisais expérience.

Ostéogénie. — Une des questions auxquelles la greffe a été appliquée avec le plus de bonheur est, à coup sûr, la recherche des éléments susceptibles de donner naissance à de véritables os. C'est à M. Ollier qu'on doit d'avoir appliqué le premier ce procédé expérimental ; il a fait voir que la membrane périostique peut, si on la détache entièrement de l'os et si on la transplante en quelque lieu éloigné, donner naissance par sa face profonde à un os nouveau. Analysant de plus près le phénomène, il a fait voir que c'est, non le périoste en tant que membrane fibreuse qui reforme l'os, mais bien la couche de cellules jeunes qu'il entraîne avec lui ; si bien que, si on le racle, il ne produit plus rien, tandis que les cellules séparées par le raclage peuvent être greffées isolément, et fournir des granulations de nature nettement osseuse. Tout récemment, M. Goujon a fait un pas de plus, et, appliquant le même procédé aux cellules jeunes de la moelle des os, a obtenu des grains osseux par leur transplantation. Il est donc démontré par la greffe que tous les éléments de cette atmosphère cellulaire, si l'on peut ainsi parler, dans laquelle baigne l'os, que les cellules de la moelle intra-osseuse, comme celles de la moelle sous-périostique, sont aptes à présenter la métamorphose osseuse. C'est là, remarquons-le bien, la seule conclusion légitime que l'on puisse tirer de ces intéressantes expériences ; ce serait, je crois, exagérer beaucoup leur portée que d'en conclure que, dans l'évolution normale de l'os, les moelles intra et extra-osseuses jouent un rôle identique. La transplantation des éléments cellulaires n'a prouvé et n'a pu prouver que leur aptitude à se transformer en corpuscules osseux ; mais autre chose sont les propriétés, autre chose les fonctions, et c'est

à un autre ordre d'expériences qu'il faut demander, ce nous semble, une démonstration qu'on a cru pouvoir trouver dans celle-ci. Mais nous ne pouvons davantage nous étendre sur ce point.

Transportées par la greffe dans des conditions nutritives qui ne sont pas exactement celles qu'elles possédaient auparavant, soumises à des causes d'irritation diverses, les parties en expérience subissent souvent des altérations pathologiques, dont le processus et les résultats sont importants à étudier. Lorsque les conditions dans lesquelles ces altérations doivent se présenter seront déterminées nettement, le procédé de la transplantation ouvrira toute une carrière nouvelle à ceux qui s'occupent des évolutions physiologiques dans l'ordre morbide. On trouvera dans nos expériences personnelles quelques faits qui, à ce point de vue, présentent un véritable intérêt.

Déjà nous avons indiqué ci-dessus les transformations des nerfs transplantés, transformations identiques avec celles qu'éprouvent les nerfs restés en place, mais séparés des centres nerveux. Ajoutons ici quelques détails sur les altérations présentées après la greffe par d'autres éléments.

Le tissu musculaire, dans toutes nos expériences, a été frappé, comme on le verra plus loin, de dégénérescence graisseuse ou d'atrophie simple, avec ou sans disparition des stries transversales. La dégénérescence graisseuse a aussi été signalée par M. Mantegazza ; mais dans une de ses nombreuses expériences, dont malheureusement il n'a pas donné le récit détaillé, ce physiologiste affirme avoir pu faire contracter un muscle de Grenouille qui séjournait depuis deux mois dans le péritoine d'une autre Grenouille.

On sait que Berthold avait autrefois avancé que, dans un testicule greffé, les zoospermes continuent à se former. Les expérimentateurs qui ont voulu vérifier ce fait sont arrivés à des résultats contraires, bien plus en rapport avec ce qu'on sait de la physiologie du testicule (ligature du cordon, cryptorchidie). Ils ont vu l'organe s'atrophier, les zoospermes disparaître, et, dit Wagner, toute la masse se prendre de dégénérescence grais-

seuse avec graisse libre, cristaux de cholestérine, hématine, pigment, etc. M. Mantegazza a fait à ce sujet un grand nombre d'expériences : chez les Reptiles vrais et les Mammifères, il a eu constamment transformation graisseuse ou suppuration ; mais chez les Grenouilles, en ayant soin d'opérer pendant l'hiver, la réussite est, dit-il, la règle, les testicules ayant été transplantés, soit sous la peau, soit dans la cavité du ventre. Dans ces conditions, ils restent libres pendant plusieurs semaines, vivant par imbibition ; ce temps écoulé, ils contractent des adhérences vasculaires avec le nouvel organisme. Quelquefois alors ils sont pris de dégénérescence graisseuse ; mais le plus souvent ils conservent leur structure, et, après deux mois, on y retrouve encore des zoospermes vivants. Ce résultat déjà bien étonnant n'est pas le plus extraordinaire parmi ceux que rapporte M. Mantegazza : un testicule ayant été transplanté sous la peau d'une Grenouille femelle, il est arrivé maintes fois que les œufs de cette Grenouille étant mûrs, l'organe mâle a perforé les muscles de l'abdomen, comme si une force attractive s'était développée entre lui et les œufs à travers les parois du ventre. Si M. Mantegazza a senti le besoin de marquer de trois points de doute (???) les faits de régénérescence décrits par MM. Philipeaux et Vulpian dans les nerfs greffés, et cela sous le prétexte que ses propres résultats, obtenus dans des conditions toutes différentes, ne concordaient pas avec ceux de ces physiologistes, je pense qu'un pareil luxe de ponctuation dubitative est inutile pour mettre en garde contre la réalité du nouvel instinct testiculaire découvert par l'ardent expérimentateur de Pavie.

Les mouvements des cils vibratiles s'arrêtent plus ou moins vite dans les muqueuses transplantées. M. Bizzozero les a vus persister pendant vingt-neuf jours sur la langue d'une Grenouille placée sous la peau. Il est à regretter que ce physiologiste n'ait pas continué à observer les modifications qui ont dû survenir dans l'épithélium après l'arrêt des mouvements ciliaires.

Les expériences personnelles dont nous donnons plus bas les détails montrent que les os greffés peuvent être atteints de maladies diverses semblables à l'ostéite, l'ostéomalacie, etc. ; leur

moelle se charge de cellules jeunes, subit la transformation fibreuse, etc. La constatation de ces faits intéressera particulièrement les anatomistes qui s'occupent des évolutions dites pathologiques.

Les transplantations animales sont destinées à rendre encore bien des services à la physiologie. MM. Philipeaux et Vulpian ont essayé d'intercaler un fragment de nerf optique entre les deux bouts d'un nerf ordinaire divisé; leurs tentatives n'ont point été couronnées de succès, mais elles sont peu nombreuses, et c'est une expérience qui mérite d'être répétée que celle qui pourrait avoir pour conséquence de faire servir un nerf de sensation spéciale à la transmission d'ébranlements moteurs.

La greffe de la diaphyse isolée d'un jeune os en voie de développement serait utile pour étudier la possibilité de l'allongement propre de cette partie osseuse, question tant discutée à l'occasion du moignon des jeunes amputés. La greffe dans le péritoine d'un œuf fécondé de Mammifère servirait à analyser les phases diverses de certaines grossesses extra-utérines.

La greffe de globules blancs du sang bien isolés, leur introduction, par exemple, dans une veine bien vidée, entre deux ligatures, pourrait permettre peut-être de résoudre la question controversée de la transformation de ces éléments en fibres lamineuses. On pourrait encore étudier le rôle propre des éléments figurés des tumeurs dites cancéreuses en les greffant de la sorte, après un lavage prolongé dans du sérum d'animal sain. Mais il serait trop long d'énumérer tous les projets d'expérience, et tous les problèmes dans la solution desquels interviendrait puissamment la méthode des transplantations animales. Ce que nous avons dit suffit à montrer la généralité de son emploi. Nous devons terminer cette longue digression, qui n'était pas étrangère au sujet principal de notre thèse, en abordant un côté des résultats des transplantations animales qui a plus directement rapport à la résistance vitale des éléments anatomiques.

Dans les expériences que nous venons d'énumérer, la transplantation a toujours été opérée, soit sur l'animal même d'où la partie avait été détachée, soit sur un animal de même espèce.

Mais on comprend que l'événement ne soit pas le même, si l'on fait la greffe sur un animal d'une espèce différente. Les éléments anatomiques ne trouvant plus là des conditions nutritives semblables à celles qu'ils possédaient primitivement, ils peuvent être atteints de maladies diverses, ou même perdre leurs propriétés vitales, mourir et être éliminés. Il semble à priori que l'on doive trouver, dans les circonstances de survie ou de mort des parties transplantées, des indications précieuses pour la classification des animaux, et que la facilité ou la possibilité de la greffe serve ainsi de mesure, pour ainsi dire, pour les distances zoologiques. Les faits constatés jusqu'à ce jour paraissent, il est vrai, entraîner des contradictions; mais, sans aucun doute, il n'y a là que des apparences, et des circonstances secondaires, comme le procédé, le lieu de la greffe, etc., les doivent expliquer suffisamment.

Pour les greffes *intérieures,* la continuation de la vie ne paraît avoir lieu qu'entre espèces assez voisines. Les transfusions sanguines, les premières en date, n'ont donné d'heureux résultats qu'à la condition de rester dans les limites du genre. Ainsi MM. Delafosse et Milne Edwards (1) ont pu rappeler à la vie un Ane exsangue en injectant dans ses vaisseaux du sang de Cheval. Mais si l'on opère entre Ruminants et Carnassiers, entre Carnassiers et Rongeurs, ou de l'Homme au Chien ou au Mouton, on voit que la vie de l'animal n'est que momentanément rappelée; il se refroidit bientôt et meurt en quelques jours. Ceci revient à dire que les globules sanguins ainsi transplantés n'accomplissent plus d'une façon normale leurs fonctions physiologiques, et qu'ils les perdent même complétement après un temps assez court. Si l'on franchit des intervalles plus grands encore, on voit que l'introduction de sang de Mammifère dans les veines d'un Oiseau saigné à blanc est incapable de révivifier, même momentanément, l'animal, en sorte que le globule sanguin a perdu presque immédiatement, dans ce nouveau milieu, ses pro-

(1) Voy. Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée,* t. I, p. 326 (Paris, 1857). L'analyse que nous présentons des faits de transfusion sanguine est empruntée pour la plus grande partie à ce remarquable ouvrage.

priétés les plus importantes. Ce n'est pas à dire, cependant, qu'il meure entièrement tout de suite, car les expériences de Moleschott et Marfels ont montré qu'on retrouve les globules sanguins du Mouton introduits dans le système circulatoire de la Grenouille, pendant au moins quinze jours, avec leurs caractères normaux. Brown-Séquard (1) a obtenu, pour des globules de Mammifère transplantés chez un Oiseau, des résultats analogues.

Pour les greffes périostiques, M. Ollier (2) est parvenu, dans des cas très-rares, à obtenir quelques fragments osseux d'un périoste de Chien transplanté sous la peau d'un Lapin. Dans d'autres circonstances, la membrane périostique a continué de vivre et s'est pénétrée de nouveaux vaisseaux, mais les cellules jeunes qui lui étaient accolées n'avaient pu se transformer en os; cela est arrivé encore du Chien au Lapin, et, chose bien étonnante, du Lapin au Poulet. Ordinairement, les greffes de Mammifère sur Oiseau étaient éliminées ou enkystées avec transformation graisseuse non vitale.

Pour les os, les difficultés, dit cet expérimentateur (3), sont encore plus grandes, les suppurations encore plus fréquentes. Quelquefois l'os contracte des adhérences, mais il devient jaunâtre, mince, et finit par disparaître.

On verra que les résultats de nos expériences sur la greffe des membres entiers concordent avec celles de l'habile chirurgien lyonnais. Nous n'avons pu obtenir de véritables greffes qu'entre animaux très-voisins, appartenant tous au genre *Mus*.

Mais si des transplantations vasculaires ou sous-cutanées nous passons aux transplantations qu'on pourrait appeler *extérieures*, il semble, au dire des auteurs, que la réussite soit beaucoup plus facile. Dieffenbach et Wiesmann affirment que les plumes transplantées sur Mammifère continuent à vivre et à croître. Hunter et A. Cooper ont pu faire reprendre une dent humaine dans la

(1) *Journ. de phys.* de Brown-Séquard, 1858, p. 174.

(2) *Comptes rendus et Mém. Soc. biol.* pour l'année 1858, *Mém.*, p. 150; *Journal* de Brown-Séquard, 1860, p. 102.

(3) *Journal* de Brown-Séquard, 1860, p. 104.

crête d'un Coq. Enfin, Baronio dit avoir implanté avec succès une aile de Serin et même la queue d'un jeune Chat dans la crête d'un Coq : cette expérience a récemment été répétée par M. Brown-Séquard (1), qui dit avoir, lui aussi, réussi. Je me contente d'inscrire ces allégations, en faisant observer que je n'ai jamais pu parvenir à faire vivre la queue d'un Rat, lorsque, l'ayant coupée, puis écorchée jusqu'à une petite distance de son extrémité, j'introduisais la partie dénudée sous la peau du dos du même Rat ; dans ces circonstances, toujours la partie restée à l'extérieur se desséchait et mourait.

CHAPITRE II.

RÉSISTANCE VITALE DES ÉLÉMENTS. — FAITS CONNUS.

Nous arrivons à l'analyse des faits consignés dans les auteurs et qui ont rapport au sujet dont nous nous occupons ici. Ce travail de bibliographie ne nous a fourni, comme on le verra, que des résultats peu satisfaisants par leur précision et même par leur nombre. Nous indiquerons, à l'occasion, les *desiderata* principaux, et aussi les expériences qu'il nous semblerait utile de faire pour y répondre. Les faits que nous mentionnons ont été constatés isolément, à propos d'études spéciales, et tout à fait en dehors du point de vue général où nous nous sommes placé. Il n'est donc pas étonnant qu'ils soient peu nombreux, et que leur exposition soit difficile à grouper sous un plan d'ensemble. Nous aurions désiré combler ces lacunes, et exécuter toutes les expériences dont nous indiquons ici la marche. Mais le temps et les circonstances qui nous pressent ne nous l'ont pas permis : qu'on nous pardonne en faveur de l'engagement pris par nous de mener à solution tous les problèmes attaquables par voie expérimentale que nous aurons dû signaler.

L'action des modificateurs peut être considérée quant à leur énergie propre, d'une part, et, d'autre part, quant à la durée de leur application. Cette distinction n'a pas toujours été faite par

(1) *Journal* de Brown-Séquard, 1860, p. 108.

les auteurs : il peut en résulter des contradictions apparentes dans les faits, et réelles dans les conclusions qu'on a tirées de ces faits. Tel modificateur détruit telle propriété vitale par cela seul qu'il apparaît, pour ainsi dire ; tel autre n'a d'effet nuisible qu'après une action prolongée. D'un autre côté, il est souvent indispensable, pour juger de l'action d'un modificateur, de savoir si la partie en expérience y a été soumise et en a été éloignée lentement ou brusquement. Ces circonstances diverses devraient donc toujours être indiquées, et, cependant, elles ne l'ont été que rarement. Nous faisons maintenant cette remarque critique d'une manière générale, pour nous éviter de la reproduire à propos de tous les cas où elle paraîtra méritée.

Si peu variés que soient les faits que nous avons pu rassembler, on peut en tirer des conséquences générales que, pour simplifier notre exposition, nous présenterons en quelques mots avant d'arriver à l'énumération détaillée des faits.

Ainsi, c'est une vérité démontrée que le froid diminue l'intensité des manifestations vitales, et supprime même très-vite certaines d'entre elles, mais qu'il est beaucoup moins redoutable que la chaleur pour l'existence même des propriétés. Ceci se manifeste de deux façons : d'abord, chez les animaux à température fixe et élevée, les propriétés vitales sont détruites par une augmentation de la température beaucoup moindre que l'abaissement qu'elles peuvent supporter sans péril ; d'autre part, l'arrêt par la chaleur est une destruction, l'arrêt par le froid n'est souvent qu'une suspension. « C'est un caractère des phénomènes vitaux, dit M. Cl. Bernard (1), de pouvoir renaître par une élévation de température, quand on » les a arrêtés au moyen du froid, et de ne le pouvoir plus » quand c'est la chaleur qui les a détruits. »

Pour ce qui a rapport spécialement aux propriétés d'où résulte le mouvement, lesquelles ont été plus particulièrement et presque seules étudiées, nous verrons que plus elles ont été mises en jeu énergiquement, moins longtemps elles se

(1) *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*. Paris, Germer Baillière, 1866, p. 146.

conservent dans les éléments séparés du corps, ou après la mort de l'individu : c'est pourquoi les ébranlements électriques, l'action des poisons convulsifs, la fatigue, etc., font promptement disparaître la contractilité musculaire et l'excitabilité nerveuse.

Aussi sont-elles beaucoup plus persistantes chez les nouveau-nés que chez les adultes, surtout chez ces nouveau-nés qui semblent de véritables fœtus (Lapin, Rat, Passereaux, etc.). De plus, on peut augmenter la durée de cette persistance chez un animal déterminé, en ralentissant, avant sa mort, l'intensité de leur manifestation. Lorsqu'on refroidit un animal à sang chaud par un procédé quelconque, ses muscles et ses nerfs restent excitables beaucoup plus longtemps que dans l'état normal ; c'est ce qu'a réalisé d'une manière si saisissante la belle expérience par laquelle M. Claude Bernard, ayant tranché la moelle épinière d'un Lapin au bas de la région cervicale, l'a transformé, pour ainsi dire, en animal à sang froid. En sens inverse, les Grenouilles, pendant l'été, se rapprochent singulièrement des animaux à sang chaud.

Mais cette différence dans la durée des manifestations ne change incontestablement rien aux conditions fondamentales des phénomènes. Les propriétés d'ordre vital cessent sans aucun doute de pouvoir se manifester, lorsque certaines modifications physico-chimiques apparaissent dans la matière organisée. Si les actes de l'intensité desquels dépendent ces modifications s'exécutent énergiquement et rapidement, rapidement aussi disparaissent les propriétés ou du moins leur manifestation. Ainsi, un milieu acide arrête la contractilité : or, de la mise en jeu même de cette contractilité résulte l'acidification ; il n'y a donc rien d'étonnant que la contractilité disparaisse d'autant plus vite qu'elle a été plus activement et effectivement sollicitée. J'insiste sur ce point, parce que beaucoup de personnes croient reconnaître dans ces différences, dans celles qui ont rapport, par exemple, aux Mammifères comparés aux animaux dits à sang froid, des phénomènes tout spéciaux, dont l'explication amène aisément à quelque intervention mystérieuse de cette force vitale

aussi puissante qu'incompréhensible. Le bon sens scientifique repousse ces hypothèses surnaturelles, et l'expérience lui donne entièrement raison.

La constatation de la durée des phénomènes vitaux n'en est pas moins chose intéressante, et quoiqu'elle ne touche qu'à la manière d'être et non à la nature des conditions compatibles avec la vie, nous avons cru devoir enregistrer les faits les plus intéressants parmi ceux qui s'y rapportent.

C'est encore une remarque qui doit trouver place ici, que, au moins dans notre opinion, les propriétés de motricité disparaissent sans retour dans les éléments anatomiques réellement congelés. Ce qui ne nous permet pas d'être plus affirmatif, c'est qu'il est fort difficile de constater la congélation réelle d'un élément anatomique, et par suite de déterminer la température à laquelle se fait cette congélation. On ne peut pas conclure de la roideur, de la dureté, de la fragilité même des tissus, qu'ils sont vraiment congelés dans l'intimité de leurs éléments, car il a pu s'opérer en eux ce qui arrive pour les solutions salines lorsqu'on les abaisse au-dessous de zéro, et une partie de leur eau de combinaison a peut-être seule passé à l'état solide.

Cette simple observation jette un grand doute sur cette réviviscence des propriétés musculaires et nerveuses que beaucoup d'auteurs croient avoir constatée dans des membres d'animaux ou même dans des animaux entiers congelés. Il ne nous a pas semblé, dans les quelques recherches expérimentales que nous avons faites à ce sujet, qu'un muscle devenu par l'action du froid complétement insensible à de forts courants électriques, ait repris, en se réchauffant, sa contractilité ; il est vrai que la perte de cette excitabilité arrive à des températures beaucoup plus basses qu'on ne saurait, à priori, le supposer.

Notons, en terminant ces remarques générales, que l'action des acides paraît être fort redoutable pour les éléments anatomiques : leur contractilité, par exemple, s'y éteint rapidement. Ceci est bien en rapport avec ce fait que chez les animaux où la réaction du sang a été étudiée, elle s'est trouvée alcaline. La même propriété chimique existe très-probablement

dans les milieux intérieurs de tous les animaux, chez ceux-là mêmes qui vivent au sein de liqueurs très-acides.

Dans l'exposé des faits qui va suivre nous avons étudié successivement ce qui a rapport aux trois ordres de propriétés distingués dans le chapitre précédent, savoir : 1° les propriétés d'où résulte le mouvement (contractilité, neurilité) ; 2° les propriétés d'où résulte la formation d'un être nouveau (aptitude à la fécondation, aptitude au développement) ; 3° les propriétés d'où résulte la nutrition. Un paragraphe préliminaire est consacré à l'étude de quelques faits de résistance remarquable présentés par des animaux entiers, animaux fort petits, mais d'une structure anatomique très-complexe. Il nous a semblé plus commode d'indiquer une fois pour toutes, et d'une manière assez complète, ces faits qui, jusqu'à nos propres expériences, pouvaient paraître extraordinaires et exceptionnels, plutôt que d'en présenter une exposition scindée, peu claire et sujette à des répétitions oiseuses, à propos de chacune des propriétés vitales. Dire que ces êtres ont pu supporter sans péril d'énormes modifications, c'est dire évidemment que tous leurs éléments anatomiques les ont supportées sans être dépouillés de leurs propriétés.

§ 1. — Résistance vitale d'individus entiers.

Nous croyons inutile de rapporter ici la plupart des faits si nombreux relatés par les auteurs touchant la résistance vitale d'animaux soumis tout entiers à l'influence de certains agents physiques : et ceci, pour deux raisons. D'abord, en admettant que ces faits aient été scrupuleusement examinés, leur constatation est soumise le plus souvent à une cause d'erreur capitale : celle de savoir si le modificateur a réellement agi sur l'animal. Par rapport à l'agent calorique, par exemple, les animaux peuvent s'isoler, pour ainsi dire, de son influence, et se maintenir à une température différente de celle à laquelle l'expérimentateur les croit soumis ; par exemple encore, les Insectes placés dans le vide peuvent, à l'aide d'un mécanisme fort simple, se mettre à l'abri de l'épuisement de l'air, et vivent ainsi pendant un temps

plus ou moins long sous la cloche pneumatique. Le second motif est que, si la mort de l'animal est le résultat de leur action prolongée, cette mort n'a pas pour cause la destruction de quelque principe secret et insaisissable, tenant sous sa dépendance la vie de l'individu tout entier ; elle est tout simplement la conséquence de la suspension des propriétés de quelque élément anatomique, comme la fibre musculaire, le globule sanguin, etc. : c'est ce qui arrive dans le cas déjà plusieurs fois indiqué dans ce travail, de la mort d'un animal par élévation exagérée de sa température. L'étude de cette cause de mort doit donc être faite à propos de chacune des propriétés élémentaires ; et c'est de cette manière que doivent être étudiées toutes les questions qui, ne se rapportant pas au mode d'action d'un mécanisme organique, rentrent dans le domaine de la physiologie générale.

Quant à l'action des modificateurs d'ordre chimique sur l'individu entier, son étude serait la toxicologie tout entière : nous ne saurions donc nous y arrêter ; d'ailleurs les cas, bien rares encore, où l'action d'un poison a été localisée sur un élément anatomique, comme M. Cl. Bernard l'a fait pour le curare, l'oxyde de carbone, etc., seront signalés à propos des propriétés de cet élément.

Nous nous contenterons de rappeler succinctement ici (1) ces expériences si remarquables, dont le point de départ remonte à Leuwenhoeck, touchant la propriété singulière que présentent certains animalcules inférieurs de résister à la dessiccation et de reprendre le mouvement quand on leur rend de l'eau.

Constatée par Leuwenhoeck (2), puis par Baker (3) et Spallanzani (4), chez le Rotifère des toits, cette propriété fut retrouvée par le grand naturaliste italien dans d'autres êtres, animaux et végétaux, comme le Tardigrade, l'Anguillule des tuiles, l'Anguil-

(1) Consulter particulièrement, pour l'étude historique expérimentale et philosophique de ces faits, le remarquable rapport de M. Broca, dans *Mém. Soc. biol.*, année 1860.

(2) *Continuatio Arcanorum naturæ.* Lugd. Batav., 1719.

(3) *Employment for the microscope.* London, 1764.

(4) *Opuscules de physique animale et végétale*, t. II.

lule du blé niellé, le Nostoc, la Trémelle, etc.; il vit parfaitement que plus les desséchements et les humectations ont été répétés, moins les êtres ont chance de revivre. Dutrochet (1), qui vérifia après Fontana, Bauer et tant d'autres, ces faits, si faciles à observer, du reste, qu'on a peine à comprendre comment ils ont pu prêter à la controverse, reconnut, de plus, que les espèces de Rotifères (tubicolaires) qui sont complétement aquatiques ne résistent pas à la dessiccation. Tout récemment, MM. Coste, Gerbe, et Balbiani (2) ont constaté chez les Kolpodes une faculté de résistance analogue à celle des Rotifères, et cette faculté paraît être très-générale chez les animaux inférieurs soumis dans la nature à des alternatives fréquentes de dessiccation et d'humectation (3). Peut-être serait-il possible de la faire disparaître chez les Rotifères des toits en en élevant plusieurs générations dans un milieu constamment aquatique.

C'est à Doyère (4) qu'on doit le pas le plus important que la science ait fait dans cette voie depuis Leuwenhoeck. Cet expérimentateur, s'efforçant d'arriver par l'action combinée du vide et de la chaleur à une dessiccation complète, vit que les Tardigrades lentement desséchés peuvent être impunément portés à une température sèche de 100 degrés centigrades. Peu après, M. Gavarret (5) arriva à des résultats identiques ; il affirme, en effet, que les Rotifères, les Tardigrades et les Volvox (déjà classés par Sennebier parmi les animaux ressuscitants) reprennent leurs mouvements après avoir été desséchés à froid, dans le vide, lorsqu'on leur rend de l'eau ; et qu'il en est de même lorsque la dessiccation à froid a été suivie de l'action d'une température sèche de 110 degrés centigrades. Enfin, les commissaires nommés par la Société de biologie (6) pour juger la controverse

(1) *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des animaux et des végétaux*, t. II. Paris, 1837.

(2) *Compt. rend. Acad. des sc.*, Paris, 1864 ; *Ann. des sc. nat.*, 1864, 5e série, t. II.

(3) V. Davaine, *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. X, 1858.

(4) *Ann. des sc. nat.*, t. XVIII, 2e série, 1842.

(5) *Ann. des sc. nat.*, 1859, 4e série, t. XI.

(6) *Mém. Soc. biol*, année 1860, p. 1-139.

élevée à ce sujet entre Doyère et M. Pouchet (1) donnent comme conclusion à leur excellent travail : « Des animaux (Rotifères), des-« séchés successivement à froid dans le vide sec, puis à 100 de-« grés sous la pression atmosphérique, c'est-à-dire amenés au « degré de dessiccation le plus complet qu'on puisse réaliser dans « ces conditions et dans l'état actuel de la science, peuvent encore « conserver la propriété de se ranimer au contact de l'eau. »

Ce qui contribue à rendre saisissante cette apparente révivification, c'est la structure anatomique si compliquée de ces animaux, qui possèdent des organes vibratiles, des muscles et des nerfs, comme le montre la belle anatomie qu'en ont faite Doyère (2), puis Leydig (3).

Les animaux supérieurs ne peuvent être, bien qu'en ait pu dire un spirituel romancier, soumis sans péril à un pareil traitement ; mais est-ce à dire pour cela que la vie de nutrition soit détruite dans leurs éléments par la dessiccation? Nous ne le pensons pas, et les expériences sur lesquelles s'appuie notre opinion se trouveront consignées dans la dernière partie du présent travail.

§ II. — Propriétés desquelles résulte le mouvement.

C'est par rapport à elles surtout qu'il faut avoir présente à l'esprit cette remarque générale que les propriétés vitales peuvent être suspendues dans leur exécution sans être atteintes dans leur existence, en sorte que si on leur rend leurs conditions primitives, elles se manifestent de nouveau. C'est ainsi qu'une Grenouille dont la strychnine a complétement arrêté les propriétés nerveuses, revient à elle après un certain temps, lorsque les sécrétions entretenues par les battements non interrompus du cœur ont éliminé le poison. C'est ainsi encore que, dans l'expérience classique de Sténon, dont M. Brown-Séquard a tiré de si riches corollaires, et que M. Vulpian a si ingénieusement variée, le

(1) *Recherches et expériences sur les animaux ressuscitants.* Paris, 1859.
(2) *Ann. sc. nat.*, 2e série. t. XIV et t. XVII.
(3) *Ueber den Bau der Räderthiere* (*Zeits. f. wiss. Zool.*, 1854).

retour du sang chargé d'oxygène ranime les propriétés nerveuses et musculaires que la ligature de l'aorte avait suspendues.

Cette remarque s'applique à toutes les propriétés nerveuses centrales et périphériques comme à la contractilité, et nous aurons occasion de la rappeler. Pour toutes ces propriétés, nous ne voyons vraiment d'autre moyen de savoir si leur existence a été détruite par certains modificateurs que l'injection sanguine, ainsi que l'a fait M. Brown-Séquard, ou, dans quelques cas que nous indiquerons, l'action de certaines substances comme les alcalis, etc. Nous aurons donc constamment à distinguer ce qui suspend et ce qui détruit les propriétés vitales.

A. Propriétés nerveuses.—L'arrêt de la circulation sanguine fait cesser très-rapidement chez les animaux supérieurs les manifestations des propriétés des centres et, peu après, celles des propriétés des nerfs périphériques. Mais elles persistent en réalité pendant longtemps, car M. Brown-Séquard (1) a pu rappeler la sensibilité et le mouvement réflexe dans le corps d'un cochon d'Inde, où ces propriétés avaient entièrement disparu depuis huit minutes après la mort par hémorrhagie, en injectant dans ses vaisseaux du sang chargé d'oxygène, et en pratiquant la respiration artificielle. Des signes d'intelligence et de volonté ont pu même être obtenus de la tête d'un chien décapité, dix minutes après la cessation des mouvements respiratoires, en employant le même procédé (2).

Chez les vertébrés inférieurs, ces propriétés s'éteignent beaucoup plus lentement, mais peuvent être rappelées après un bien plus long temps. Le 28 mai, à onze heures, M. Vulpian (3) lie, sur une grenouille verte, le bulbe aortique près de son origine ventriculaire. A trois heures, tout mouvement spontané a disparu; la contractilité musculaire et l'excitabilité nerveuse motrice existent encore ; mais on s'efforce vainement d'obtenir des actions réflexes en agissant sur le tronc même du nerf, ce qui prouve que soit la

(1) *Journal de physiol.* de Brown-Séquard, 1858, p. 117.
(2) *Ibid.*, p. 119.
(3) *Bull. Soc. philomathique de Paris*, 1864, p. 106; *Journal de l'Institut*, 1864.

sensibilité, soit les propriétés des centres, soit les deux ont disparu : le cœur bat encore, les extrémités des doigts sont desséchées, la peau est collée sur les phalanges et devenue transparente. A trois heures quinze minutes, on enlève la ligature ; à cinq heures cinq minutes, il se produit un mouvement inspiratoire spontané ; à cinq heures trente minutes, on peut déterminer un mouvement réflexe dans les bras, en laissant tomber la grenouille sur le dos, et on ne peut pas en provoquer autrement ; à six heures quinze minutes, les mouvements inspiratoires sont toujours rares. Le lendemain, la grenouille est bien revenue à elle. Des expériences analogues pourraient sans doute être répétées chez les lapins nouveau-nés, en ayant soin, au moment où on lèverait la ligature du cœur, de faire la respiration artificielle.

Dans la mort naturelle ou traumatique, l'action propre des centres nerveux s'éteint avant celle des nerfs moteurs. M. Vulpian (1), étudiant les effets de la suspension du cours du sang dans la moelle épinière, est arrivé à cette conclusion que les propriétés de la substance grise sont abolies, tandis que persiste encore pendant quelque temps l'excitabilité des faisceaux blancs qui circonscrivent cette substance.

On attribue de l'action sur les propriétés des centres nerveux à certaines substances telles que l'éther, la morphine, etc. ; il paraît prouvé que la strychnine les épuise par excitation exagérée ; mais on ignore avec quels degrés d'élévation ou d'abaissement de température leur exercice ou leur existence sont compatibles. Il faut remarquer que les expériences nécessaires pour élucider ces points sont fort difficiles à exécuter, parce que les propriétés des centres nerveux ont besoin pour se manifester de l'intégrité de certaines autres propriétés (sensibilité, motricité, contractilité) ; et il pourrait arriver que l'action de celle-ci ait été suspendue ou détruite par l'influence même du modificateur dont on veut déterminer les effets.

Ceci s'applique également à la sensibilité, qui ne peut se manifester que si les propriétés des centres, la motricité et la contrac-

(1) *Gaz. hebd. méd. chir.*, 1861.

tilité sont conservées. Aussi la science est-elle aussi pauvre en résultats pour cette propriété que pour les précédentes. Outre ce que nous avons dit en parlant de celles-ci, on sait encore que l'action du froid ou d'une température très-élevée, que le contact direct de l'éther, du chloroforme, de la morphine, de la narcéine, etc., suppriment momentanément l'impressionnabilité du nerf sensitif. On pourrait obtenir de bons résultats d'expériences dans lesquelles la patte d'une grenouille isolée par une ligature serait soumise à des agents divers ; on pourrait constater ensuite si, la motricité nerveuse et la contractilité musculaire persistant, la sensibilité cutanée et la conductibilité centripète des nerfs seraient suspendues ou même (et l'on s'en assurerait en relâchant la ligature) si elles auraient définitivement disparu.

On sait que les nerfs moteurs conservent leur propriété après que la sensibilité ou que les propriétés des centres nerveux ont disparu, et que cette propriété se perd avant la contractilité musculaire. Elle diminue progressivement après la séparation des centres, au contraire de ce que nous signalerons dans la propriété des muscles [Faivre (1)]. Les expériences de M. Brown-Séquard (2) ont montré que le contact du sang oxygéné peut restituer au nerf sa propriété motrice bien longtemps après qu'il l'a perdue, lors même que le muscle auquel il se rend a déjà subi la rigidité cadavérique. Celles de M. Vulpian, que nous avons rapportées à la page précédente, conduisent à la même conséquence.

Humboldt et J. Müller (3) ont fait voir que l'application de solutions d'opium ou de morphine sur le trajet d'un nerf détruit l'excitabilité de ce nerf sur le lieu même de l'application ; la même chose n'aurait pas lieu, selon Valentin (4), avec la strychnine. L'action d'un violent courant électrique agit de même sur toute l'étendue du nerf.

Enfin, la propriété d'agir sur le muscle est encore empêchée

(1) *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XVI, 1861.

(2) *Journ. de physiol.* de Brown-Séquard, 1858.

(3) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p 550.

(4) *Lehrbuch der Physiologie*, t. II.

par le contact de certaines substances comme le curare (Cl. Bernard), le venin de scorpion, etc., avec les extrémités périphériques des nerfs moteurs. On ne sait pas à quelle température la motricité disparaît momentanément ou définitivement dans le nerf; mais il est certain qu'une température de zéro et même un peu plus basse ne la détruit pas. Une patte de Grenouille peut être prise dans la glace sans que, après réchauffement, le nerf ait cessé d'agir sur son muscle. Mais ceci n'implique pas congélation (voy. p. 22). Si l'on plonge un membre de Grenouille dans de l'eau légèrement acidulée, le nerf perd sa propriété motrice avant que le muscle ait cessé d'être contractile.

Notons, en terminant ce qui a rapport aux propriétés nerveuses, qu'elles sont assez rapidement détruites dans les conducteurs nerveux séparés de certains centres, par suite de l'altération anatomique que subissent les tubes nerveux; mais qu'elles reparaissent plus tard, consécutivement à un travail de restauration pour lequel le concours des centres nerveux n'est en aucune façon nécessaire.

B. Contractilité. — 1° *Contractilité musculaire.* — Nous n'en sommes plus au temps où, malgré les expériences de Fontana, imitées par M. Longet, on discutait encore pour savoir si l'irritabilité appartient en propre au muscle, ou s'il la reçoit par l'intermédiaire du nerf. M. Cl. Bernard a, par l'emploi du curare, tranché définitivement la question.

Les conditions dans lesquelles se perd cette propriété caractéristique du muscle ont été étudiées avec assez de soin par les physiologistes. On a constaté qu'un grand nombre de substances agissent directement sur cette contractilité pour la détruire : tels sont la vératrine, la digitale, le sulfocyanure de potassium, etc. Pour que leur effet se manifeste, il n'est pas nécessaire qu'on les dépose directement sur le muscle, il suffit qu'elles soient introduites dans le sang; et comme alors elles agissent pour la plupart d'abord sur les fibres musculaires qui constituent le cœur, il en résulte une classe nombreuse de poisons dits poisons du cœur.

Les gaz acide carbonique, hydrogène sulfuré, acide sulfureux, arrêtent très-vite la contractilité musculaire : notons qu'ils ont tous une réaction acide, et que, d'une manière générale, les milieux acides détruisent cette propriété.

En sens inverse, certaines dissolutions salines la conservent très-longtemps, et M. Pélikan (1), qui a découvert ce fait, a vu que des muscles de Grenouilles, plongés dans ces solutions, étaient encore intacts après quatorze jours. « C'est sans doute pour cette raison, dit M. Brown-Séquard (2), que les fibres de l'iris, immergées dans les milieux de l'œil, peuvent rester jusqu'à seize jours (Anguille) irritables par la lumière. » Déjà Carlisle (3) avait constaté que l'irritabilité musculaire se conserve pendant longtemps dans une solution étendue de potasse, tandis que l'action seule de l'eau distillée la détruit assez rapidement.

Dans le corps d'un animal mort de mort traumatique, dans un muscle amputé, ou tout simplement dans un membre où l'on empêche le sang artériel de pénétrer, cette propriété se conserve plus ou moins longtemps, selon les considérations générales que nous avons données plus haut (voy. p. 21). Plus longtemps, si la température ambiante est basse, si surtout celle de l'animal était naturellement basse ou abaissée; moins longtemps, si le muscle a été soumis à des efforts énergiques avant la mort, etc. Dans le cœur d'un Oiseau, elle se maintient à peine quelques minutes, et, d'autre part, on l'a vue, dans les muscles d'une Tortue, durer sept à huit jours. M. Faivre (4) a montré de plus que, dans les muscles isolés des centres nerveux, isolés même de leurs nerfs moteurs par l'action du curare, l'excitabilité augmente notablement après la mort, et que ce maximum dure plusieurs heures chez les Grenouilles; mais enfin le muscle donne une réaction acide, devient rigide, et perd sa contractilité. Or, pendant très-longtemps, on peut lui rendre cette propriété, comme l'ont prouvé les expériences de M. Brown-Séquard, en

(1) *Archiv. des sc. phys. et nat. de Genève*, 1858, t. II.
(2) *Journ. de la physiol.* de Brown-Séquard, 1858, p. 733.
(3) *On muscular motion* (*Bibl. britann.*, t. XXXI).
(4) *Ann. des sc. nat.*, 1861, 4e série, t. XVI.

injectant dans ses vaisseaux du sang oxygéné, qui lui rend sa nutrition normale.

Pour la rigidité due à l'action de la chaleur, de l'eau distillée, du chloroforme, etc., M. Preyer (1) a montré que, au delà de certaines limites, le rétablissement de la circulation sanguine ne suffit pas à la faire disparaître ; il faut, pour obtenir ce résultat, faire baigner le membre dans une solution aqueuse (1 pour 100) de sel marin, avant d'y laisser pénétrer de nouveau le courant sanguin.

La limite inférieure de température à laquelle les muscles perdent leur contractilité, n'est pas encore nettement déterminée. Il est certain que la température de 0 degré ne la détruit pas, et qu'un muscle de Grenouille peut être pris dans la glace marquant moins de 0 degré, sans que sa propriété caractéristique l'ait abandonné. Carlisle (2) dit même qu'à — 12°, elle résiste toujours. Mais, en nous reportant aux considérations déjà rappelées, nous ne croyons pas que, même à ces basses températures, la substance contractile soit congelée. Toutes les fois que, dans les quelques expériences que nous avons faites à ce sujet, le muscle même nous a paru bien gelé, en vain l'avons-nous réchauffé, il est resté flasque, non contractile, ne redevenant pas rigide, et se putréfiant avec une grande rapidité.

Quant à la limite de température supérieure que peut supporter le muscle, elle est mieux déterminée, mais elle varie un peu suivant les animaux. Chez les Mammifères et les Oiseaux, la mort arrive, comme l'a découvert M. Claude Bernard, lorsque la température propre de l'animal est élevée de 5 degrés environ, et cette mort est due à la roideur et à la disparition de la contractilité musculaire. C'est à la perte de cette propriété que doit sans doute être rapportée la mort par échauffement de tous les animaux pourvus de muscles. Ainsi, selon Spallanzani (3), les Grenouilles et leurs Têtards, les Salamandres, les Sangsues,

(1) *Centralblatt f. med. Wissensch.*, 1864, n° 49.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Loc. cit*, t. II, p 54. Spallanzani mesurait la température du milieu et non celle des animaux, toujours un peu plus basse.

les vers et nymphes de Cousin, les larves de Mouches, les Vers à soie, les Anguillules du vinaigre, etc., meurent entre 42 et 44 degrés.

Or ces inégalités s'expliquent très-bien par quelque petite différence dans la composition de la matière contractile, car M. Kühne (1) a montré que l'action de la température sur le muscle consiste en une coagulation de sa substance. Cette coagulation arrive chez les Mammifères à 45 degrés ; chez les Oiseaux, à 49 degrés ; chez les Grenouilles, à 40 degrés.

2° *Mouvement vibratile.* — Dans le règne animal, ce mouvement est présenté par les cellules munies de *cils* et par les *spermatozoïdes*. Il est aujourd'hui bien démontré, je pense, que ces deux ordres d'éléments doivent leur mouvement à la même cause, ou plutôt, que leur matière constituante jouit d'une propriété identique, sur laquelle agissent de la même manière tous les modificateurs. Sans doute, l'influence de ceux-ci se fait sentir avec une intensité souvent inégale sur les cils ou sur les zoospermes d'un même animal ; mais tous les observateurs ont constaté qu'il y a des différences encore plus grandes, sous ce rapport, entre les spermatozoïdes d'animaux différents.

Nous réunirons donc ici tout ce qui a rapport à ces deux espèces d'éléments.

L'élévation de la température accélère les mouvements vibratiles, son abaissement les ralentit. Au-dessus d'une certaine limite, le mouvement disparaît, et ne reparaît plus quand on revient au degré primitif; si, au contraire, son arrêt est dû à l'action du froid, il se manifeste à nouveau quand on fait intervenir la chaleur ; mais il est bien entendu que ceci n'est pas indéfini.

Je n'ai rien trouvé dans les auteurs touchant le degré de chaleur auquel s'arrêtent pour mourir les cils vibratiles et les spermatozoïdes des vertébrés supérieurs. Chez les Grenouilles, le mouvement des cils s'accélère jusqu'à 50 ou 60 degrés, puis

(1) *Recherches sur les propriétés physiologiques des muscles* (*Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XIV, 1860).

diminue et cesse complétement et définitivement à 80 degrés (1).

Quant au froid, les cils des Mammifères et des Oiseaux s'arrêtent à + 5 degrés; aussi, chez les hibernants, ils deviennent immobiles pendant la période d'hibernation (2); chez les animaux à sang froid, leur mouvement cesse seulement à 0 degré ou un peu au-dessous (3); il est même des poissons, comme le Brochet, dont les spermatozoïdes ne peuvent être arrêtés que par une exposition de plusieurs heures à un froid de — 10 à — 12 degrés centigrades (4). Godard (5) a remarqué que la congélation du liquide spermatique n'en tue pas les éléments mobiles, car leur mouvement reparaît si on les réchauffe avec précaution : ils n'étaient sans doute pas véritablement gelés.

Le mouvement vibratile dure plus longtemps chez les animaux inférieurs que chez les supérieurs. Cependant, chez l'homme même, M. Gosselin (6) a trouvé les cils mobiles soixante-dix-huit heures après la mort (décapitation), la température étant de 20 degrés environ, et cent soixante-huit heures, la température n'ayant pas dépassé 12 degrés au-dessus de zéro. D'autre part, Godard a constaté que les zoospermes vivaient encore, cinquante-quatre heures après la mort, dans le canal déférent d'un supplicié, et soixante-douze heures après dans l'épididyme d'un Taureau. Après soixante-quatre heures, M. de Quatrefages (7) a pu obtenir fécondation avec des laitances de Brochet laissées depuis ce temps dans une glacière à 0 degré, et R. Wagner a conservé ainsi de la laitance de Perche pendant quatre jours. Si on leur rend, soit par la transplantation, soit autrement, de bonnes conditions de vie, les éléments vibra-

(1) Cl. Bernard, *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, Paris, 1866, p. 146.

(2) *Ibid.*

(3) Wagner, *Hist, de la génér. et du développ.* Bruxelles, 1841.

(4) Quatrefages, *Recherches sur la vitalité des spermatoz. de quelques Poissons d'eau douce* (*Ann. sc. nat.*, 3e série, t. XIX, 1853).

(5) *Études sur la monorchidie et la cryptorchidie chez l'homme.* Paris, 1857, p. 34.

(6) *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, année 1851, p. 58.

(7) *Ouvr. cit.*

tiles conservent leurs mouvements pendant bien plus longtemps. Ainsi Bizzozero (1) a vu, sur une langue de Grenouille greffée sous la peau d'une autre grenouille, les cils s'agiter jusqu'à vingt-neuf jours. On a retrouvé dans les trompes de Mammifères des spermatozoïdes vivant encore après sept (2) et huit (3) jours; chez les Insectes et la Salamandre terrestre, on les a vus s'agiter pendant des semaines [Siebold (4)]; et Mantegazza (5) a montré que, dans les testicules greffés de Grenouilles, ils restent mobiles bien plus longtemps encore.

Mais enfin, dans une muqueuse, dans le sperme, le mouvement finit par s'arrêter. Or, Virchow (6) a découvert qu'une solution faible de potasse ou de soude ranime à ce moment les cils immobiles, et Kölliker (7) a étendu cette propriété aux éléments fécondateurs.

Il paraîtrait même, selon Kölliker, que la dessiccation ne tue pas toujours les spermatozoïdes; mais il semble difficile de concilier cette observation avec ce qu'ont vu tous les auteurs qui ont parlé de ce sujet. Quant aux cils vibratiles, nous avons vainement essayé de les ranimer sur la muqueuse palatine desséchée de Grenouilles. Il n'en est pas moins certain qu'ils se raniment chez les Rotifères desséchés.

Le mouvement vibratile est étroitement lié à un certain degré d'hygrométricité de la matière contractile; tellement, qu'on peut l'arrêter en plongeant les cils ou les zoospermes dans un milieu fortement endosmotique ou exosmotique, et ensuite le faire revivre en rendant au liquide ses conditions osmotiques normales (Kölliker, Bizzozero). Ainsi, des solutions concentrées

(1) *Studii comparativi sui nemaspermi et sulle ciglia vibratili* (*Gaz. méd.* Milan, 1864).

(2) Prévost et Dumas, *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. III.

(3) Bischoff (Muller's *Archiv*, 1841).

(4) *Ueber das Receptaculum Seminis der weiblichen Urudelen* (*Zeitschrift für wissens. Zool.*, 1858, t. IX).

(5) Voy. ci-dessus.

(6) *Ueber die Erregbarkeit der Flimmerzellen* (*Archiv für path. Anat.*, 6r Band, 1853).

(7) *Zeitsch. für wissens. Zool.*, VII, 1856.

d'albumine, de gomme, de sucre, de glycérine, suspendent plus ou moins vite le mouvement vibratile, qui reparaît lorsqu'on ajoute de l'eau. Si, au contraire, c'est par l'action plus ou moins prolongée de l'eau qu'on l'a arrêté, il suffit, pour le faire renaître, de charger le liquide de sucre, de glycérine, etc. Ces faits, de découverte récente, enlèvent presque tout leur intérêt à ce qu'avaient dit les anciens auteurs, comme Purkinje et Valentin (1), Donné, J. Müller ou même de Quatrefages, sur l'action mortelle de certains liquides pour les cils vibratiles ou les spermatozoïdes.

On comprend que l'intensité de ces phénomènes peut varier singulièrement d'espèce à espèce, puisqu'elle dépend de légères modifications dans le pouvoir osmotique de la substance contractile : c'est, en effet, ce qui a lieu. Tandis, par exemple, que les spermatozoïdes des Annélides et des Mollusques à fécondation extérieure se meuvent dans l'eau pendant deux ou trois jours [M. de Quatrefages (2)], ce liquide gonfle et immobilise en peu de temps les éléments fécondateurs des Mammifères (3), et même, chose remarquable, des Poissons (4); plus le sperme est dense, plus, tout naturellement, les spermatozoïdes vivent longtemps dans l'eau. L'élévation de la température favorise cette imbibition immobilisante : M. de Quatrefages a vu que les spermatozoïdes du Brochet s'agitent pendant 8 minutes dans l'eau à + 2 degrés, et qu'à + 28 degrés ils meurent en moins d'une minute.

La plupart des solutions salines (sel marin, sulfate de soude, chlorure de baryum, nitrate de potasse, sulfate de quinine, etc.), ou indifférentes (sucre, glycérine, urée, salicine, etc.), expérimentées par les anciens physiologistes n'agissent que par leur trop grande ou par leur trop faible concentration, et on peut toujours ranimer le mouvement en ajoutant soit de l'eau, soit du sel, de la glycérine, etc., et ceci à plusieurs reprises. On trouvera

(1) Avec remarques de W. Sharpey (*Ann. des. sc. nat.*, 2e série, t. III, 1836).

(2) *Ouvrage cité.*

(3) Godard, cité par Longet, *Traité de physiol.*, t. II, p. 741.

(4) Quatrefages, *op. cit.*

à ce sujet tous les renseignements désirables dans Kölliker (1) et Bizzozero (2).

Il est cependant des substances qui arrêtent définitivement les éléments vibratiles, et cela, très-certainement, en modifiant la composition de la matière contractile. Mais ce ne sont pas toujours les substances qualifiées poisons; ainsi, l'acide cyanhydrique, les sels de strychnine, l'opium, le curare, n'agissent que par leur degré de concentration. Au contraire, les acides [Kraemer (3)], le bichlorure de mercure, le nitrate d'argent, l'alcool et quelques autres substances tuent réellement les éléments vibratiles, c'est-à-dire arrêtent sans ressource leurs mouvements. Il serait intéressant d'étudier à ce point de vue l'action des poisons musculaires ; la digitaline m'a semblé arrêter très-vite les mouvements des spermatozoïdes, mais mes expériences sont insuffisantes pour conclure.

La dose toxique est parfois extraordinairement faible. L'acide acétique paraît le plus redoutable des acides (Bizzozero : il n'a pas expérimenté l'acide phosphorique, qui sans doute aurait une action au moins aussi énergique. Voy. chap. III.) Les cils et les spermatozoïdes de Grenouille s'arrêtent après cinq minutes dans une solution à $\frac{4}{1000}$ de nitrate d'argent ou de bichlorure de mercure (Bizzozero). Selon M. de Quatrefages (4), la sensibilité des spermatozoïdes de Hermelle ou de Taret est bien plus grande encore, puisqu'ils périssent en quelques minutes dans l'eau chargée seulement de $\frac{1}{2000000}$ de sublimé corrosif.

On voit, en résumé, qu'il est peu d'exemples aussi saisissants de la différence qui existe entre les conditions de manifestation et celles d'existence d'une propriété vitale. Nous voyons ici la manifestation de la contractilité subordonnée entièrement à un certain équilibre osmotique entre la matière contractile et le

(1) *Ueber die Vitalität und die Entwickelung der Samenfaden* (*Verhandlungen der Physiol. math. Gesellschaft*, 1855, t. VI).

(2) *Loc. cit.;* consulter aussi Donné, *Cours de microscopie*. Paris, 1844, et Ankermann, *De motu et evolutione filorum spermaticorum ranarum*. Regimontii, 1854.

(3) *Obs. microscop. et exper. de motu spermat.* Göttingue, 1842.

(4) *Rech. expér. sur les spermatoz. des Hermelles et des Tarets* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XIII, 1850).

milieu ambiant, tandis que l'existence de cette contractilité ne peut être atteinte que par des modifications d'ordre chimique dans la composition même de cette substance : les agents physiques ne sont donc ici que suspenseurs de la vie et ne peuvent la détruire qu'à la condition d'aller jusqu'à changer dans la matière organisée la combinaison particulièrement équilibrée d'où résultent les propriétés dites vitales.

3° *Mouvement sarcodique.* — Les faits que nous avons rencontrés dans les auteurs touchant les influences qui arrêtent le mouvement sarcodique se réduisent à l'action toxique des acides. Il est très-présumable qu'un examen comparatif montrerait que les mêmes modificateurs agissent dans le même sens, sinon avec la même intensité, sur la matière sarcodique et sur la matière vibratile.

§ III. — Propriétés desquelles résulte la formation d'un nouvel être.

Ces propriétés doivent être étudiées dans l'élément mâle et dans l'élément femelle.

A. Spermatozoïdes. — Les expériences faites sur la fécondation artificielle des Poissons et des Grenouilles, etc., ont montré que plus il y a de spermatozoïdes en mouvement, plus la fécondation s'opère sûrement ; que si tous sont immobiles, ne fût-ce que depuis un instant, la fécondation ne peut avoir lieu. Nous pourrons donc en conclure que la propriété fécondante de ces éléments est liée chez ces animaux et probablement chez tous ceux où les spermatozoïdes sont doués de mouvement, à leur motilité, ou tout au moins que celle-ci est nécessaire à l'exercice de celle-là. Il suffit donc de renvoyer à ce qui vient d'être dit dans le paragraphe précédent, touchant le mouvement des éléments du sperme.

Il serait intéressant d'opérer la fécondation avec des spermatozoïdes immobilisés, puis ranimés à plusieurs reprises par l'un des procédés indiqués plus haut ; peut-être obtiendrait-on, de leur puissance fécondante diminuée, la formation de quelque

être imparfait, et jetterait-on ainsi quelque jour sur l'origine des monstruosités par voie paternelle.

B. Œufs. — Il faut distinguer dans les œufs l'aptitude à la fécondation de l'aptitude au développement :

1° *Aptitude à la fécondation.* — J'ai vraiment été surpris de ne presque rien trouver dans mes lectures qui ait rapport à cette question, en sorte que ce paragraphe doit rester à l'état d'indication. M. Gerbe (1) a bien vu que les œufs de Grenouilles conservés à l'air depuis vingt-quatre heures peuvent être fécondés (l'expérience a même été faite avec du sperme extrait depuis vingt-quatre heures), tandis qu'après une heure d'immersion dans l'eau, leur fécondation devient impossible. Mais cette impossibilité tient non à la perte véritable de la propriété d'être fécondé, mais à une circonstance toute physique, à l'hydratation trop précoce de la couche albumineuse qui entoure l'œuf (2).

Nous sommes réduits chez les Vertébrés, comme faits d'aptitude conservée à la fécondation, à citer les anciennes observations du comte de Golstein (3), lequel ayant pris les œufs d'une Truite déjà pourrie, morte depuis quatre jours, les a couverts de la laitance d'un mâle et en a eu des poissons.

Chez les Hermelles, M. de Quatrefages (4) a vu que le séjour de l'œuf, pendant trois heures, dans de l'eau contenant 1/20000 de dissolution saturée d'acétate de plomb, ou 1/200000 de dissolution saturée de sublimé corrosif, a empêché postérieurement la fécondation de l'œuf.

Rien ne serait plus facile que de savoir entre quelles limites de température peut se conserver l'aptitude à la fécondation chez les Poissons, et je suis étonné que ces simples expériences n'aient pas été faites par les auteurs, au moins par ceux que j'ai consultés.

(1) Communication orale.

(2) Voy. Prévost et Dumas, *Ann. des sc. nat.*, 1824, t. II.

(3) Ou plutôt de Jacobi; voy. Duhamel, *Traité des Pêches*, 2e partie, p. 209.

(4) *Expér. sur la fécond. art. des œufs des Hermelles et des Tarets* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XIII, 1850).

2° *Aptitude au développement.* — Nous trouvons ici plus de documents, surtout pour ce qui a trait aux animaux inférieurs.

Comme extrême supérieur de température, Spallanzani a vu que les œufs de Grenouille, de *Bombyx mori*, de Mouche, meurent tous à la température de + 62 degrés centigrades (1). Mais les œufs de certains animalcules des infusions résistent à une température bien plus élevée, surtout lorsqu'ils sont secs : celle de 100 degrés ne les tue pas alors (2). Il résulte même des expériences de M. Pasteur que, dans le lait et dans des liqueurs légèrement alcalines, les germes de certains vibrioniens résistent à la température de l'ébullition (3).

Quant à la température inférieure, on sait que les œufs de Poisson peuvent se développer après avoir été pris dans la glace; mais déjà un certain nombre avorte (4). On n'a pas déterminé la limite à laquelle tous meurent. Bonnafous (5) ayant exposé des œufs de *Bombyx mori* pendant tout l'hiver sur le mont Cenis, où la température s'abaissa souvent à — 25 degrés centigrades, les a vu éclore au printemps, sans aucun retard.

Tout récemment, M. Balbiani (6) a pu soumettre sans inconvénient des œufs d'Araignée à un froid de — 19 degrés centigrades; mais à — 29 degrés, ils sont tous morts. Ce dernier résultat jette un peu de doute sur l'exactitude de l'observation de Spallanzani (7), qui vit des œufs d'insectes résister à la température de — 30 degrés. Cet illustre physiologiste affirme qu'ils restent fluides malgré ce froid extrême, et M. Balbiani s'en est également assuré.

(1) *Opusc. de phys. anim. et végét.*, t. II. p. 54.
(2) Pasteur, *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XVI, 1861, p. 85.
(3) *Id., ibid.*, p. 54.
(4) Lereboullet, *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. I, p. 150, 184.
(5) *Biblioth. univ.* Genève, t. XVII, 1838.
(6) *Communic. orale*, 1865.
(7) *Op. cit.*, t. I, p. 84.

§ IV. — Propriétés de nutrition.

La propriété spéciale du globule rouge sanguin est, comme chacun sait, de former avec l'oxygène une combinaison instable qui paraît due à l'hémato-globuline, et se détruit dans les tissus. Or l'oxyde de carbone abolit cette propriété, comme l'a montré M. Claude Bernard (1). La combinaison, inattaquable par l'oxygène, qu'il forme avec l'hémato-globuline, a pu même être extraite par M. Hope-Seyles (2) sous forme cristalline. D'autres substances agissent probablement d'une manière analogue, comme l'acide carbonique, qui, certainement, diminue l'activité absorbante du globule rouge (Cl. Bernard).

Quant à l'action des températures, on sait que les propriétés des globules sanguins se conservent à une température très-basse, et probablement jusqu'à celle de la congélation ; en effet, la température des Grenouilles peut descendre à zéro et même un peu au-dessous, celle des Mammifères hibernants peut s'abaisser à 2 ou 3 degrés au-dessus de zéro, sans qu'ils meurent, sans que, par conséquent, leurs globules meurent. Mais si l'on arrive à la congélation, le globule est déformé ou même détruit, comme on le sait depuis longtemps.

On n'a jamais étudié l'action des températures élevées sur les propriétés vitales du globule sanguin ; et l'on conçoit qu'à part les changements grossiers dans la forme constatables au microscope, il soit difficile de savoir, par l'investigation directe, en quoi ont pu être modifiées les propriétés de ces éléments. Mais le procédé de la transfusion doit ici donner de précieux renseignements. Un animal étant rendu exsangue, il serait facile de voir si du sang défibriné, puis chauffé à 45, 50, 55 degrés, est capable de le rappeler à la vie. Nous avons déjà tenté plusieurs expériences dans ce sens, et il nous a semblé que la perte des propriétés vivifiantes arrive un peu au-dessous de

(1) *Leçons sur les effets des substances toxiques.* Paris, 1852.

(2) *Handbuch der phys. und path. chemischen Analyse.* Berlin, 1865.

50 degrés centigrades; mais ces expériences demanderaient à être répétées avec un très-grand soin, car tous les physiologistes connaissent quelles causes d'erreur peuvent fausser les conclusions dans les tentatives de transfusion sanguine.

Déjà cette transplantation des éléments du sang a montré que ce liquide peut être isolé de l'organisme pendant plusieurs heures sans perdre ses propriétés. Il faudra étudier de la même manière l'influence de divers gaz, celle de l'addition au sérum ou de la soustraction d'eau, l'action de certaines substances solubles dans l'eau; en un mot, faire pour le sang ce que nous avons fait pour d'autres éléments anatomiques, comme on le verra dans le chapitre suivant.

Relativement à la résistance d'autres éléments, je ne connais guère d'intéressant que l'expérience de J. Hunter (1), par laquelle cet éminent physiologiste a soumis à la congélation des oreilles de Lapin et des barbes de Coq en les comprimant, dans un mélange réfrigérant, entre des plaques de fer préalablement refroidies jusqu'à — 18°. Ces organes étaient devenus, après une heure de séjour, cassants, durs, et ne saignaient plus quand on les coupait. On enleva alors les pinces, la circulation se rétablit et les parties refroidies reprirent, après un certain temps, leur aspect normal, non sans s'être enflammées.

Ajoutons, en terminant, que très-certainement la conservation des propriétés de nutrition dans les parties séparées du corps est favorisée par les mêmes circonstances de température, etc., que pour les propriétés d'où résulte le mouvement. Cela se déduit de beaucoup de faits connus en physiologie, et en particulier des recherches de M. Ollier (2) sur le périoste et de celles de M. Brown-Séquard (3), qui, étudiant certaines des conditions où se produit la rigidité cadavérique, est arrivé à cette formule générale, que plus longtemps la contractilité musculaire est conservée, plus la rigidité cadavérique dure et plus la putréfaction tarde à se manifester. Ceci n'est, au reste, qu'un cas par-

(1) *Traité de l'inflammation* (Œuv. comp., trad. de Richelot).

(2) *Compt rend. Acad. sc.*, mai 1861.

(3) *Journ. de la physiol.*, de Brown-Séquard, 1861, p. 277.

ticulier de la règle générale que nous avons posée ci-dessus. (Voy. p. 20.)

CHAPITRE III.

EXPÉRIENCES.

On a pu voir, dans le § 4 du chapitre précédent, le peu de notions possédées par la physiologie sur la résistance des propriétés de nutrition dans les éléments anatomiques. Ainsi que nous l'avons dit au commencement de ce travail, cette pénurie de faits tient à l'absence d'un procédé expérimental qui permette de rendre à la partie en expérience ses conditions premières de nutrition, après l'en avoir complétement séparée pour assurer l'influence de l'agent modificateur dont on veut étudier les effets. Nous avons dit comment la méthode des transplantations animales nous ayant paru satisfaire à toutes les nécessités de la question, nous l'avons mise exclusivement en pratique.

L'animal dont nous avons fait choix dans nos expériences est le Rat blanc, qui, par sa petite taille, la laxité de sa peau, son peu de propension à suppurer, présente de grands avantages. Le lieu de la transplantation a été, soit le tissu cellulaire sous-cutané, soit la cavité péritonéale. La partie employée a presque toujours été la queue, dont la greffe se fait avec une facilité remarquable. Cette facilité est-elle due au petit volume de cette partie, à sa forme allongée, qui lui permet de se loger aisément sous la peau, au peu de muscles et de graisse qu'elle contient, à sa grande vascularité, à sa température habituellement plus basse que celle des membres, je ne le sais; toujours est-il que l'extrémité terminale se greffe plus volontiers que la base.

Comme procédé opératoire, je recommande, l'animal étant endormi par l'éther (se défier du chloroforme), de pratiquer la transplantation sur la ligne médiane du dos. La queue destinée à la greffe ayant été amputée depuis quelques instants, on la dépouille de sa peau, qui s'enlève d'une pièce, et on coupe son extrémité sur une longeur de 4 ou 5 centimètres, lorsqu'on

doit expérimenter sur un animal adulte; il est à peu près indifférent que la section porte sur le corps d'une vertèbre ou dans un intervalle vertébral : dans le premier cas, il y a peut-être plus de chances de suppuration, mais la cicatrisation de l'os donnera un caractère certain et facile à constater de la vie conservée. On pratique alors un petit trou à la peau du dos, à un ou deux centimètres en avant de la base de la queue, on y introduit, pour bien soulever la peau, un instrument mousse, comme une sonde cannelée, et, maintenant la queue entre les deux mors d'une pince fine et allongée, on l'introduit tout entière dans la loge sous-cutanée, en l'enfonçant aussi loin que possible. Il suffit ensuite d'un point de suture pour lui fermer la retraite.

Dans ces conditions, si l'on agit sur un Rat âgé de trois mois au moins, la réussite de l'opération est la règle. Il ne se fait alors aucune réaction appréciable; la plaie cutanée se guérit en quelques jours; aucune exagération de sensibilité, aucun empâtement inflammatoire, aucune suppuration ne se manifestent, et la queue se greffe, si l'on peut ainsi parler, par première intention. Un exsudat blastématique l'entoure d'abord, et elle y vit, mobile comme une épée dans son fourreau, pendant quelques jours; mais bientôt, des vaisseaux de nouvelle formation venant, pour la plupart, de la face cutanée du fourreau et des lèvres de la plaie quand l'organe greffé est resté en rapport avec elles, y pénètrent et s'abouchent avec les vaisseaux de la queue; celle-ci vit dès lors par irrigation et non plus par simple imbibition. Plus tard, ses muscles subissent diverses atrophies, comme il arrive dans tous les muscles condamnés à une inaction très-prolongée, ses nerfs présentent les altérations de tous les nerfs séparés des centres; mais ses autres éléments restent intacts et n'éprouvent que des modifications d'ordre physiologique normal.

Mais les choses ne se passent pas toujours aussi simplement. Si les animaux sont dans de mauvaises conditions hygiéniques, s'ils sont plusieurs dans une même cage, se foulant aux pieds et se salissant, si l'on a éprouvé quelque difficulté accidentelle dans la greffe, si la queue est restée écorchée et à l'air pendant trop longtemps, etc., etc., il arrive une inflammation qui va jusqu'à

suppuration et, dans quelques cas rares, jusqu'à élimination partielle de l'organe introduit. Lorsque l'animal sur lequel on fait la greffe est très-jeune, l'expérience réussit rarement, et la terrminaison est même souvent fatale. Des accidents du même ordre arrivent encore après l'action de certains modificateurs violents.

La conséquence de ces accidents, lorsqu'ils ne sont pas terminés par l'élimination complète, est l'apparition dans la queue transplantée d'altérations pathologiques, portant surtout sur les os, altérations qui vont parfois jusqu'à les faire disparaître. Dans tous ces cas, il se fait, entre la partie greffée et le sujet qui la porte, une communication vasculaire rapide à s'établir, et qui est un signe indubitable de la conservation de la vie. Si l'organe greffé appartenait à un animal jeune, il achève sa croissance, au moins dans celles de ses parties qui sont tolérées, et arrive à son développement normal. C'est à l'un de ces trois critériums, accroissement, injection vasculaire, altérations pathologiques, que nous avons reconnu la survie des parties greffées. Mais, dans le début de nos recherches, nous avouons nous être souvent contenté de l'apparence extérieure, de l'air *bien vivant* de la partie greffée depuis un certain temps, et nous croyons encore aujourd'hui que ce caractère, pour être moins scientifique que les précédents, n'en donne pas moins des résultats tout aussi certains.

Nous avons tiré grand parti dans nos expériences de l'étude de la moelle osseuse. Il est bon de dire que cette moelle est, dans les vertèbres caudales des Rats, dès un âge assez tendre, composée presque exclusivement de cellules adipeuses. Tant que la croissance dure, on trouve encore un assez bon nombre de médullocelles ou cellules jeunes aux environs des cartilages d'ossification; mais, vers trois ou quatre mois, presque toutes ces cellules subissent l'envahissement graisseux; en tout cas, on n'en trouve qu'un très-petit nombre, plus tard même, pas du tout, dans la moelle osseuse du centre de la vertèbre. Souvent, au contraire, dans les greffes même bien réussies, l'irritation due à l'opération excite la multiplication de ces cellules, et la moelle reprend en partie ses caractères embryonnaires, sans pour cela perdre toujours notablement de sa graisse.

Nous allons maintenant entrer dans l'exposition détaillée de nos principales expériences. Nous indiquerons d'abord celles qui nous paraissent présenter quelque intérêt spécial dans le cas où la transplantation est faite immédiatement; dans un second paragraphe prendront place les expériences où un certain temps s'est écoulé entre le moment de l'amputation et celui de la greffe, la partie amputée ayant été conservée dans de l'air confiné. Viendront ensuite celles où j'ai tenté d'étudier l'action de certains gaz, de l'eau et de certaines dissolutions. Nous examinerons ensuite ce qu'ont produit des froids intenses ou des températures élevées dans une atmosphère saturée d'humidité. Le cinquième paragraphe sera consacré au récit de la transplantation de queues desséchées par l'action du vide, de l'acide sulfurique et de la chaleur. Enfin, nous rapporterons les quelques expériences presque toutes suivies d'insuccès dans lesquelles nous avons tenté la greffe entre animaux d'espèces différentes. Nous indiquerons, après chaque série d'expériences, les conséquences immédiates qui en découlent, nous réservant, à la fin de notre travail, d'appeler spécialement l'attention sur les plus générales et les plus importantes.

§ I. — Transplantation immédiate.

J'ai dit que, dans la transplantation immédiate, la réussite est presque constante quand l'animal se trouve dans de bonnes conditions hygiéniques et qu'il n'est pas trop jeune. Je ne donnerai pas l'énumération fastidieuse des nombreuses expériences sur lesquelles s'appuie cette affirmation, et me contenterai d'indiquer celles qui présentent un intérêt particulier.

Avant l'âge de dix à quinze jours, la transplantation excite presque toujours une gangrène de la peau, dont la conséquence est souvent la mort de l'animal; mais à partir de cet âge, elle réussit très-bien.

L'expérience suivante nous en donne un exemple.

Expérience I. — Le 8 mars 1863, j'introduis sous la peau d'un Rat, *âgé de onze jours*, 2^{c},5 de l'extrémité écorchée de la queue

d'un Rat du même âge, et je retranche 3 centimètres de l'extrémité de la queue du Rat en expérience.

15 mars, aucun accident; plaie extérieure guérie.

8 mai, à travers la peau je pratique deux fractures à la queue incluse.

20 juin, je tue l'animal : la queue incluse est longue de 9 centimètres; les fractures sont parfaitement consolidées. Ces 9 centimètres, ajoutés aux 2c,5 que mesure le moignon caudal de l'animal, donnent 11c,5, ce qui est à peu près la longueur de la queue d'un Rat de trois mois et demi.

Cette expérience nous montre que les organes appartenant à des animaux jeunes continuent à grandir après la transplantation, que leur accroissement se fait avec la même rapidité, à peu près, que dans leur position normale, et enfin que les évolutions pathologiques ont lieu comme les évolutions physiologiques.

Mais il faut savoir, par une inspection anatomique plus soignée, comment se comportent les différents tissus qui constituent la queue qui a ainsi poussé.

Expérience II. — Le 9 juillet 1865, à trois jeunes Rats *âgés de seize jours*, je transplante sous la peau du dos les 2 centimètres de l'extrémité de leur propre queue. Dès le 19, la plaie est guérie, sans suppuration : un des animaux s'échappe quelques jours après.

Le 17 août, je tue le second Rat et pousse, par son artère aorte, une injection au bleu de Prusse soluble. La queue greffée mesure 5 centimètres; elle est reliée à la peau par un tissu cellulaire assez serré dans lequel rampent des vaisseaux sanguins. Ses articulations sont libres et peuvent être fléchies. L'injection, très-médiocre du reste, a pénétré dans les vaisseaux des parties périosseuses, et même est entrée en quelques points dans l'os et dans la moelle.

En faisant des coupes longitudinales à la grosse extrémité on reconnaît que l'amputation de la queue a porté au milieu d'une vertèbre et qu'il s'est fait là un travail de cicatrisa-

tion. L'os s'est refermé sur la section, par ossification soit du périoste, soit de la moelle. Dans cette partie de vertèbre, comme dans la vertèbre suivante, l'os est manifestement moins épais que dans une vertèbre normale. La moelle, déjà très-adipeuse, est encore très-riche en cellules jeunes, surtout dans le voisinage des os. L'abondance de ces cellules paraît être en rapport avec une désagrégation de la matière osseuse proprement dite et une mise en liberté des corpuscules osseux. La figure 3, pl. I, montre en un point le processus de cette transformation des ostéoplastes en médullocelles. On voit que, dans un espace limité, au contact de l'os, il n'y a que des éléments cellulaires non graisseux; quelques-uns ont conservé un aspect qui rappelle celui des corpuscules osseux; ils sont plongés dans une sorte de gangue dont je n'ai pu déterminer la nature, car mon examen n'a eu lieu qu'après l'action prolongée de l'acide chromique, mais qui paraît être le résultat de la liquéfaction de la matière osseuse. La moelle sous-périostée est aussi en certains points plus abondante que sur un Rat de cet âge.

En un mot, cette vertèbre montre les lésions habituelles de l'ostéite raréfiante; elle est de plus un peu déformée. Mais si l'on examine les vertèbres du milieu de la queue greffée, on voit que leurs os ont conservé leurs dimensions normales, et cette différence n'est pas étonnante, car le travail de cicatrisation qui s'est fait au gros bout a été pour les vertèbres voisines une cause d'irritation.

On ne trouve plus trace de muscles. Les nerfs n'ont pas été rencontrés dans la préparation.

Le 29 novembre, je tue le troisième Rat; la greffe mesure 5 centimètres 1/2; la queue est dans le même état que celle du 17 août. Il n'y a pas davantage de résorption ni de tendance à la résorption, et ceci montre que, contrairement à l'opinion de certains physiologistes, les parties greffées ne sont pas destinées à disparaître. L'examen de cette queue n'indique rien qui mérite d'être signalé.

On voit que, pour les différentes parties qui constituent la charpente de la queue, comme pour cette queue même, le déve-

loppement a suivi une marche normale. Les vertèbres ont atteint leurs dimensions et leurs formes ordinaires; les cartilages ont fourni les matériaux de l'ossification; une partie d'entre eux s'est striée de fibres pour constituer les disques intervertébraux; enfin, les médullocelles ont continué à subir la métamorphose graisseuse. Les traces d'une légère inflammation au gros bout de la greffe rentrent elles-mêmes dans les conditions normales.

L'inflammation excitée par l'introduction de la queue transplantée peut aller jusqu'à suppuration sans que celle-ci soit menacée d'élimination même partielle.

Expérience III. — Le 15 juin 1865, sous la peau du flanc d'un Rat adulte, j'introduis les 5 centimètres du bout écorché de sa propre queue.

20 juin, suppuration.

6 juillet, l'animal est tué et injecté par l'aorte. La queue a conservé ses dimensions; l'injection a pénétré, quoique médiocrement, dans la moelle; celle-ci est adipeuse. Les muscles sont atrophiés et ont perdu leurs stries.

Dans d'autres circonstances, quand l'inflammation est plus violente, la queue transplantée peut être éliminée en grande partie; il est alors curieux de voir quelles altérations a subies ce qui en est resté sous la peau.

Expérience IV. — Le 9 juillet 1865, à un Rat né le 29 juin, je transplante sous la peau du dos 2 centimètres du bout de la queue d'un Rat de la même portée, mort depuis une heure.

19 juillet, plaie guérie, abcès sous-cutané, incision.

4 août, plaie guérie; on ne sent plus à travers la peau que deux vertèbres.

17 août, je tue et injecte l'animal. Il n'y a plus que deux vertèbres qui ont beaucoup grandi. L'injection en a pénétré les vaisseaux sanguins avec une grande richesse. Elles se sont cicatrisées aux deux bouts et sont terminées par deux coiffes osseuses. L'os est très-mince, le périoste épais; la moelle est riche en médullocelles, surtout aux environs des cartilages articulaires. Il y a

beaucoup de graisse dans les tissus péri-osseux, où l'on ne voit plus de muscles.

Enfin, l'os peut n'être pas éliminé, mais les conditions morbigènes qui ont agi sur lui peuvent amener sa résorption par une évolution tout à fait comparable à celle de l'ostéomalacie.

Expérience V. — 15 juin 1864 ; transplanté sous la peau d'un Rat adulte 5 centimètres du bout de sa propre queue.

20 juin, suppuration aux deux extrémités de la queue incluse.

11 août, je tue l'animal et l'injecte au bleu de Prusse soluble. L'extrémité terminale de la queue a disparu par une résorption de ses parties osseuses et n'est plus marquée que par les tendons. L'injection a pénétré abondamment dans tout ce qui reste de l'organe.

La dernière vertèbre, du côté du petit bout de la queue, est effilée et a perdu de ses dimensions dans tous les sens. Sa moelle est presque exclusivement composée de tissu lamineux, avec quelques médullocelles très-hypertrophiées, et de rares cellules adipeuses. Le tissu fibreux pénètre dans les canalicules de Havers et diminue le calibre des vaisseaux. Dans la seconde vertèbre, la moelle est restée très-adipeuse, mais contient cependant des médullocelles en proportion notable, et, au voisinage des os, du tissu lamineux ; dans les petites anfractuosités de l'os, on voit ces trois éléments réunis, mais le tissu lamineux l'emporte. Enfin, si l'on examine la moelle dans les vertèbres du gros bout, on la trouve presque exclusivement composée de médullocelles.

Je ne trouve pas de muscles, dont la graisse a pris la place.

Cette observation est importante en ce qu'elle montre le processus de la transformation fibreuse de la moelle, transformation qui nous servira plus tard pour affirmer que les parties greffées ont survécu.

On peut, sans grand inconvénient, laisser adhérer à la queue une partie de la colonne vertébrale lombaire, quand on emprunte ces parties à un jeune animal.

Expérience VI. — 16 juin 1864 ; j'introduis sous la peau du

flanc d'un Rat âgé d'un mois la colonne vertébrale (région lombaire) et la queue d'un rat né le matin. Aucun accident inflammatoire.

26 août, mort de l'animal. La partie introduite mesure environ 8 centimètres.

Mais les autres régions de la colonne vertébrale, de même que les mâchoires, les pattes, excitent le plus souvent une inflammation suppurative ; les cartilages costaux, trachéens, auriculaires, la moelle épinière, m'ont toujours donné, dans mes tentatives de transplantation, une inflammation allant jusqu'à la gangrène de la peau, et entraînant même parfois la mort de l'animal.

J'ai pu cependant quelquefois greffer une patte, mais l'opération avait été faite par un procédé en deux temps ; voici les détails de l'une de ces expériences, qui présente de l'intérêt.

Expérience VII. — 2 août 1862 ; j'enlève la peau du pied gauche et de la partie inférieure de la jambe à un Rat blanc âgé de dix jours, et j'ampute les doigts de ce pied. Sur un autre Rat de la même portée, je pratique à la peau du flanc droit une petite incision, par laquelle j'introduis le pied du précédent. Je couds aux lèvres de la plaie le collet cutané de la jambe incluse, et fixe les deux animaux l'un à l'autre par quelques points de suture passés dans leur peau.

4 août, l'animal de droite est mort ; je coupe sa patte au niveau de la plaie cutanée. Il ne survient aucun accident, et la plaie guérit rapidement.

24 janvier 1863, je tue l'animal. On sent à travers la peau la patte incluse, et à la partie antérieure on perçoit de la fluctuation.

Celle-ci est due, comme l'autopsie me le montre, à la présence d'une matière athéromateuse en contact avec la face plantaire de la patte greffée, matière composée uniquement de cellules épidermiques dont beaucoup ont encore leur noyau.

La patte adhère intimement à la peau par sa face dorsale. Les dimensions sont notablement accrues. Elle est complétement ossifiée et ses épiphyses sont soudées. Ses vaisseaux communiquent largememt avec ceux de l'animal qui la porte.

Les fibres musculaires présentent la dégénérescence graisseuse : aucune ne possède de stries. Les nerfs plantaires contiennent des tubes primitifs rares (4, 5 ou 6), dont le diamètre mesure tout au plus $0^{mm},006$, au lieu de $0^{mm},011$. Ils sont, aux yeux de M. Vulpian, qui a bien voulu examiner la pièce, en voie de régénération.

Je citerai, pour terminer ce paragraphe, un cas de réussite d'une greffe osseuse chez une Grenouille.

Expérience VIII. — Le 5 avril 1864, je transplante, sous la peau du ventre d'une Grenouille verte, les os de l'avant-bras d'une Grenouille de même espèce.

5 mai, mort accidentelle. La température a été à peu près constamment de 10 à 12 degrés. La greffe est évidemment bien vivante, adhérente et vascularisée.

§ II. — Action prolongée de l'air confiné; influence de la température.

Pendant combien de temps se conserve la vie dans la queue coupée d'un Mammifère, d'un Rat? Pour répondre à cette question, la première qui se présente à l'esprit, je fis l'expérience suivante, dont le résultat me surprit fort.

Expérience IX. — 10 juin 1863; un Rat âgé de sept jours s'étant tué par accident, je greffe 2 centimètres de sa queue sous la peau d'un Rat plus âgé. *Vingt-deux heures* se sont écoulées depuis sa mort, pendant lesquelles la température a oscillé autour de 12 degrés centigrades. Aucun accident.

Le 12 juillet, la queue incluse mesure déjà plus de 3 centimètres.

On pense bien que je ne m'en suis pas tenu là, et que j'ai

tenté la transplantation après des intervalles de temps plus longs.

Expérience X. — 29 décembre 1863 ; greffé sous la peau d'un Rat adulte 2 centimètres de la queue d'un jeune Rat pesant 6 grammes, mort depuis *vingt-six heures*. Dans la *cavité péritonéale* du même Rat, j'introduis presque toute la colonne vertébrale avec la base du crâne d'un jeune Rat de la même portée que celui ci-dessus énoncé.

Aucun accident ne survient d'abord. Mais, dès le mois de janvier, on sent dans le ventre de l'animal une grosse tumeur ; celle-ci augmente tellement que l'animal en devient fort malade.

Le 20 mars, je le tue. Dans le ventre se trouve un énorme kyste, très-vasculaire et rempli de pus. A sa paroi interne sont accolés des os isolés, plats, méconnaissables ; la colonne vertébrale très-grandie, mais tout à fait déformée et réduite aux corps de ses vertèbres, car on ne voit plus trace de canal médullaire ; enfin, la base du crâne, énorme, et tellement étrange de formes et de dimensions qu'on hésite à première vue à en reconnaître la nature.

Quant à la queue transplantée sous la peau, elle a atteint des dimensions adultes et présente des formes normales.

Ainsi, sous la peau, là où aucune cause importante d'irritation n'a gêné son évolution, la queue transplantée s'est développée normalement, comme si elle fût restée en place. Mais, dans la cavité péritonéale, au milieu de circonstances inflammatoires, le développement des os a acquis un volume extraordinaire, et leurs formes ont été complétement modifiées.

J'ai fait plusieurs expériences après la séparation du corps, ou après la mort de l'animal depuis vingt à trente heures, et, chose remarquable, la transplantation réussit aussi souvent dans ces conditions que dans la transplantation immédiate, pourvu que la température ne soit pas trop élevée, ainsi qu'il sera dit plus loin.

Augmentons encore le temps écoulé depuis la séparation du corps.

Expériences XI, XII, XIII, XIV. — 23 avril 1864 ; greffé sous la peau de deux Rats, âgés de six semaines, à droite et à gauche, une queue de Rat, savoir : à chacun sa propre queue et la queue d'un Rat adulte (4 centimètres). Ces membres sont séparés depuis *quarante-huit heures,* et gardés dans un tube renversé sur l'eau ; deux plongent dans cette eau par leur extrémité. La température a oscillé très-peu autour de 11 degrés.

Les quatre greffes réussissent sans accident, et celles qui proviennent des deux jeunes Rats grandissent. A l'une d'elles, une vertèbre nécrosée, à l'extrémité du gros bout, fait issue au dehors et sèche en place, sans causer de suppuration notable.

Allons encore plus loin.

Expérience XV. — 23 mars 1865 ; la queue d'un Rat adulte est coupée et conservée revêtue de sa peau, pendant *soixante-douze heures*, dans un tube bouché ; la température s'est maintenue à 7 ou 8 degrés centigrades. Elle est alors écorchée, puis greffée sur une longueur de 4 centimètres sous la peau d'un Rat adulte. Aucun accident.

19 juillet, je tue l'animal et l'injecte au bleu de Prusse soluble ; l'injection pénètre dans tous les vaisseaux de la queue parasitaire. Celle-ci est réduite à environ 3c,5 par résorption de quelques vertèbres terminales. Moelle adipeuse, au moins vers le gros bout de la queue.

Voici enfin l'expérience qui m'a donné les résultats les plus remarquables, et qui correspondent à peu près à la limite extrême de la durée de la vie, dans des conditions de température moyenne.

Expérience XVI. — Le 22 novembre 1865, à cinq heures du soir, je coupe la queue d'un Rat adulte, et l'enferme, revêtue de sa peau, dans un petit tube de verre bien bouché, qu'elle remplit presque entièrement. Je la place alors dans une cave où la température se maintient assez régulièrement à 12 degrés. Le

29 novembre, à une heure après-midi, je la retire. Les poils et l'épiderme sont adhérents ; la queue n'exhale aucune mauvaise odeur ; je l'écorche : le sang qui sort des vaisseaux rompus est noir, mais rougit à l'air. Le tout paraît bien vivant.

Je greffe alors 4 centimètres de cette queue qui est restée au contact de l'air confiné pendant *sept jours* (cent soixante-quatre heures) sous la peau d'un Rat adulte. Aucun accident ne survient.

Le 13 décembre, je tue l'animal et l'injecte. La queue greffée a l'air bien vivante, au premier coup d'œil ; l'injection, bien que médiocre, l'a pénétrée en maintes places ; la moelle est toujours adipeuse. Les muscles commencent à s'altérer ; beaucoup de leurs fibres sont saines encore, striées et de dimensions normales ; la plupart sont étranglées par places ; les stries sont, dans les fragments fusiformes, ou déformées, ou remplacées par des granulations. Il est donc certain que la greffe a vécu.

Mais, ayant laissé une queue coupée dans les mêmes conditions que la précédente pendant douze jours, je l'ai trouvée bien morte, l'épiderme se détachant, le sang ne rougissant plus, etc. Il serait intéressant de savoir combien de temps la vie se conserverait dans une queue placée dans une glacière ou à une température très-peu supérieure à zéro.

J'ai voulu savoir si l'action d'un courant électrique continu aurait quelque influence manifeste et considérable sur la rapidité avec laquelle meurent les éléments anatomiques séparés du corps, et j'ai fait pour cela l'expérience suivante :

Expérience XVII. — 1er juin 1865 ; la queue d'un Rat adulte, coupée et munie de sa peau, est renfermée dans un tube bouché aux deux bouts, et mise en communication, par deux fils métalliques, avec deux éléments au bisulfate de mercure dont le vase poreux avait 16 centimètres de hauteur sur 5 centimètres de largeur. L'intensité du *courant*, très-forte à la langue, ne paraît pas avoir baissé pendant les 13 heures 45 minutes que dure le contact. La température a été de 20 à 22 degrés centigrades. La queue est ensuite écorchée, puis greffée sous la peau d'un Rat

adulte. Dix-sept heures se sont écoulées depuis qu'elle est coupée.

Il y a un peu de suppuration ; le 20 juin, la plaie est guérie, et la queue est bien prise. Peu de temps après, l'animal est perdu.

Remarquons qu'à l'action du courant s'est jointe celle d'une température de 20 à 20 degrés centigrades pendant dix-sept heures, et que les éléments ont résisté à cette double influence.

Cependant l'importance de la température est grande.

Expérience XVIII. — J'ai maintenu une queue de Rat dans un tube bouché pendant *quarante-sept heures* à une température de 25 à 30 *degrés;* elle exhalait alors une odeur ammoniacale, et les poils s'en détachaient avec l'épiderme. Greffée nonobstant sous la peau d'un Rat, elle excite une inflammation assez violente pour tuer l'animal.

J'ai essayé de savoir si cette température de 30 degrés est rapidement mortelle pour les éléments anatomiques isolés, et j'ai fait pour cela les expériences suivantes :

Expérience XIX. — 12 août 1865, greffé sous la peau du dos d'un Rat de six semaines, la queue d'un Rat du même âge coupée depuis cinq heures, et conservée depuis ce temps dans un tube bouché. Sur ces cinq heures, *trois heures et demie* ont été passées dans une couveuse marquant 30 *degrés* centigrades.

17 août, je tue l'animal et l'injecte au bleu de Prusse soluble. La greffe est bien prise, et, quoique cinq jours seulement se soient écoulés, l'injection a déjà pénétré jusque dans la moelle vertébrale, même du côté du gros bout, qui a été introduit le premier.

J'appelle l'attention sur cette communication vasculaire de la greffe et du sujet, après *cinq jours* seulement écoulés.

Voici la seconde expérience faite dans le même but :

Expérience XX. — 12 août 1865 ; la queue d'un Rat adulte

a été placée à côté de la précédente et dans la même couveuse; mais elle y est restée *sept heures et demie*, la température s'étant élevée pendant les quatre dernières heures à 32 degrés. Elle est ensuite greffée sous la peau d'un Rat adulte.

16 août, fluctuation au gros bout de la queue.

23 août, la plaie extérieure guérie, on sent, au-dessous de la fluctuation qui semble enkystée, la queue enflée.

29 août, le kyste a disparu; la greffe est évidemment prise.

20 octobre, on la sent bien prise en palpant à travers la peau.

Ainsi, les températures de 10 à 12 degrés après huit jours, de 20 degrés après dix-sept heures, de 30 degrés après sept heures et demie, sont incapables de détruire les propriétés vitales des éléments anatomiques maintenus dans l'air confiné.

Il ressort, en outre, de ces expériences, que l'élévation de température est une cause de moindre durée de la vie, même pour les propriétés de nutrition, et cela doit certainement être attribué à la plus grande intensité apportée par l'action de la chaleur aux décompositions chimiques dont le résultat ultime finit par être incompatible avec la vie.

Il faudra maintenant étudier jusqu'à quel point l'action seule de la température, en dehors de la question de temps écoulé, par les modifications physico-chimiques qu'elle peut apporter dans la constitution de la matière organisée, permet l'existence de la vie; en d'autres termes, entre quelles limites extrêmes de froid et de chaud peuvent subsister les propriétés vitales de nutrition.

Mais, auparavant, nous allons indiquer ce que l'expérience nous a appris touchant l'innocuité ou la nocuité de certains milieux liquides ou gazeux.

§ III. — Influence de l'action prolongée de certains milieux gazeux ou liquides.

A. *Milieux gazeux.* — Je me suis d'abord demandé si l'action de l'*oxygène* ne serait pas promptement mortelle à cause

précisément de l'activité que ce gaz doit imprimer aux transformations chimiques de la matière organisée.

Les expériences suivantes permettent de répondre négativement.

Expériences XXI et XXII. — 16 décembre 1863; deux queues de Rats âgés de deux mois sont coupées, puis introduites par-dessous le mercure dans un tube de verre contenant environ 15 centimètres cubes d'*oxygène* et quelques gouttes d'eau.

Ces queues, suspendues au sommet du tube, restent pendant *vingt-cinq heures* à la température de 11 degrés, et sont, au bout de ce temps, transplantées comme à l'ordinaire sous la peau d'un des Rats qui les ont fournies, l'une au flanc droit, l'autre au flanc gauche.

17 janvier 1864, à gauche, plaie guérie et greffe réussie sans accidents; à droite, encore suppuration et déjà élimination presque complète.

22 mai, autopsie : à gauche, belle greffe qui a grandi; à droite, plaie guérie, élimination presque complète, mais les quelques vertèbres qui sont restées ont grandi.

Expérience XXIII. — 8 juillet 1864 ; queue de Rat âgé de deux mois, coupée le 6 juillet à six heures du soir, introduite sous l'eau dans un tube plein d'*oxygène* pur, et laissée pendant *quarante-trois heures* dans une cave où se maintient une température de 15 degrés. (Expérience disposée comme la précédente.) Elle est alors greffée sous la peau d'un Rat adulte : longueur, 4 centimètres. Aucun accident.

4 novembre, mort accidentelle de l'animal. La greffe, parfaitement prise, mesure plus de 5 centimètres.

Expérience XXIV. — 3 juin 1864; la queue d'un Rat de deux mois est coupée le 1er juin à midi et introduite à trois heures quinze minutes par-dessous le mercure dans un tube plein d'un mélange d'*azote* et d'*oxygène*, contenant au moins 80 pour 100 de ce dernier gaz. (Expérience disposée comme les deux

précédentes.) Elle est alors laissée jusqu'au 3 juin à cinq heures et demie du soir (soit *cinquante heures*) sur l'escalier d'une cave où se maintient une température de 17 degrés. Transplantation comme à l'ordinaire sous la peau d'un jeune Rat.

8 juin, encore inflammation et suppuration.

16 juin, plaie guérie; abcès à l'autre extrémité de la queue.

6 juillet, j'ouvre l'abcès et retire trois vertèbres nécrosées; les autres paraissent adhérentes et bien greffées.

4 novembre, mort, greffe réussie; moelle osseuse normale.

Remarquons que, dans ce dernier cas, l'action de l'oxygène était aidée par celle d'une température de 17 degrés, et que la partie destinée à la greffe a résisté à ces influences prolongées pendant cinquante heures.

L'*acide carbonique*, qui se comporte comme un poison par rapport aux propriétés contractiles et nerveuses, aurait-il un effet semblable sur les propriétés de nutrition ?

Les faits suivants nous semblent indiquer que cet effet existe, quoique réduit à une intensité très-médiocre.

Expériences XXV et XXVI. — Le 16 décembre 1863, deux queues de Rats âgés de deux mois sont introduites sous le mercure dans un tube contenant de l'*acide carbonique;* cette expérience, et toutes celles qui vont suivre sont disposées comme les trois précédentes. Laissées en place *vingt-cinq heures*, à la température de 11 degrés, elles sont greffées l'une à droite, l'autre à gauche, sous la peau du flanc d'un jeune Rat de deux mois.

17 janvier 1864, greffe prise à droite. Élimination complète à gauche.

22 mai, la greffe de droite est bien prise et a grandi.

Expérience XXVII. — La queue d'un Rat adulte, coupée le 6 juillet à midi, conservée dans un tube bouché, puis écorchée à deux heures, est introduite dans un tube contenant de l'*acide carbonique* pur, et placée sur l'escalier d'une cave où se maintient une température de 15 degrés. Le 8 juillet, à une heure, c'est-à-dire après *quarante-sept heures*, elle est greffée sous la peau d'un Rat adulte.

6 novembre, la greffe a réussi, mais avec commencement manifeste de résorption.

Expérience XXVIII. — 1er juin 1864, expérience exactement semblable à celle du 3 juin faite avec l'oxygène, et dans les mêmes conditions (voy. p. 58). Mais le gaz employé, dans lequel la queue reste confinée pendant *cinquante heures*, est de l'*acide carbonique*.

8 juin, plaie guérie ; la greffe paraît prise.

24 juin, mort accidentelle ; résorption très-manifeste ; la greffe avait emporté avec elle un grand nombre de globules de mercure qui y adhèrent encore à l'état métallique. Je crois que ces deux résorptions survenues dans des conditions de temps où la greffe eût parfaitement résisté à l'air confiné et même à l'oxygène, ne sont pas sans quelque signification par rapport à l'action morbigène de l'acide carbonique, mais au moins paraît-elle très-faible.

Les expériences suivantes ne présentent qu'un médiocre intérêt ; je n'ai pas cru devoir cependant les passer sous silence.

Expériences XXIX et XXX. — 16 décembre 1863, de l'*azote* est renfermé dans un tube renversé sur le mercure, avec quelques gouttes d'eau ; deux queues de Rats âgés de deux mois y séjournent *vingt-cinq heures et demie*, à la température de 11 degrés, puis sont greffées des deux côtés d'un jeune Rat de deux mois.

22 mai, les deux greffes ont parfaitement réussi ; les deux queues ont notablement grandi.

Expériences XXXI et XXXII. — 16 décembre 1863 ; expériences faites en même temps et dans les mêmes conditions que les précédentes, mais le gaz employé ici est l'*hydrogène*. Les queues y séjournent *vingt-six heures*, puis sont greffées à droite et à gauche d'un jeune Rat de deux mois.

17 janvier 1864, encore suppuration des deux côtés ; élimination notable à gauche.

22 mai, plaies guéries; greffes incomplétement prises; celle de droite paraît plus belle que l'autre.

24 juillet, je tue l'animal; il ne reste de chaque greffe que quelques vertèbres, mais ces vertèbres ont grandi.

Expérience XXXIII. — 28 mai 1864; greffé sous la peau d'un jeune Rat la queue écorchée d'un autre Rat; cette queue était restée pendant quarante minutes suspendue en haut d'un tube long de 20 centimètres, et au fond duquel se trouvait, sur une hauteur de 22 centimètres, de l'eau saturée d'*ammoniaque*. Cette queue a ensuite été placée pendant quatre heures dans l'eau; elle est coupée en tout depuis huit heures.

8 juin, plaies guéries, greffe prise.

16 juin, les dimensions commencent à diminuer.

6 novembre, résorption très-évidente.

28 mars 1855, mort de l'animal; résorption tellement complète que je ne retrouve plus rien.

Expérience XXXIV. — 11 mai 1864; greffé sous la peau d'un Rat de vingt jours la patte et la queue d'un jeune Rat de deux jours, mort depuis onze heures, et suspendu depuis ce temps dans un petit flacon, au fond duquel se trouvent quelques gouttes d'*acide phénique*.

20 mai, la patte est éliminée après suppuration; la queue est greffée.

4 novembre, il ne reste de la queue que quelques vertèbres qui ont atteint leurs dimensions normales; leur moelle est adipeuse.

Expérience XXXV. — 27 mai 1864; queue de jeune Rat dépouillée de sa peau, et suspendue pendant quatre heures quarante minutes dans un tube au fond duquel se trouve de la *benzine* sur une hauteur de 2 centimètres environ; greffe ordinaire sous la peau d'un jeune Rat.

8 juin, encore un peu de suppuration.

16 juin, plaie guérie; la queue paraît diminuée.

25 juin, résorption manifeste.

17 juillet, on ne sent plus, à travers la peau, que des vestiges à peine saisissables de la queue transplantée.

6 novembre, *id.*

Expériences XXXVI et XXXVII. — 28 mai 1864 ; la queue d'un jeune Rat étant écorchée a séjourné pendant trois heures dans un tube long de 20 centimètres, au fond duquel se trouvaient 2 centigrammes d'*éther* dit sulfurique ; elle a ensuite été plongée dans l'eau pendant une heure trente minutes, puis greffée sous la peau d'un jeune Rat. Elle est coupée, en tout, depuis 8 heures, et la température est de 18 degrés.

La greffe est faite en deux morceaux : l'extrémité est introduite à droite, le tronçon à gauche.

8 juin, encore un peu de suppuration à gauche ; la greffe de droite paraît prise.

16 juin, guérison partout.

17 juillet, dimensions manifestement diminuées.

6 novembre, résorption considérable.

Expérience XXXVIII. — Le 11 mai 1864, un Rat de deux jours, tué par asphyxie, est introduit par-dessous le mercure dans un tube de verre contenant de l'*oxyde de carbone ;* l'expérience est, comme les précédentes, disposée de façon qu'il ne reste pas au contact du mercure. Il séjourne là *onze heures* à la température de 18 degrés. Puis, sa queue et l'une de ses pattes postérieures sont dépouillées de leur peau et greffées l'une à droite, l'autre à gauche, sous la peau d'un Rat âgé de vingt jours.

20 mai, la patte est éliminée après suppuration ; la queue paraît greffée.

4 novembre, mort accidentelle de l'animal. Il ne reste de la queue greffée qu'un fragment osseux, qui a évidemment beaucoup grandi. Sa moelle, qui est adipeuse, contient beaucoup de médullocelles.

B. *Milieux liquides.* — Il était nécessaire d'essayer d'abord l'*eau pure.*

Expérience XXXIX. — Le 22 mai 1864, la queue d'un Rat adulte, écorchée, est immergée pendant *neuf heures quinze minutes* dans de l'*eau* à la température de 18 degrés, puis greffée sous la peau d'un jeune Rat.

27 juin, mort accidentelle de l'animal. La greffe a parfaitement réussi.

Expérience XL. — Le 27 mai 1864, la queue d'un Rat âgé de deux mois est écorchée, puis immergée pendant *seize heures* dans de l'*eau* dont la température varie de 14 à 17 degrés, puis greffée sous la peau du ventre (endroit défavorable) d'un Rat âgé de cinq semaines.

Élimination après suppuration.

De ces deux expériences nous garderons seulement ce résultat, qu'après neuf heures d'immersion dans l'eau à la température de 18 degrés, la queue d'un Rat vivait encore. Cependant, à voir l'élimination violente qui a été la suite du séjour pendant seize heures, et à l'aspect seul de la queue immergée, il est permis de conclure que l'eau, sans doute par son action osmotique, est plus dangereuse que les milieux gazeux pour les éléments anatomiques.

Nous pouvons maintenant voir ce qui arrive de l'immersion dans l'eau chargée de divers principes. Les queues destinées à la greffe ont toujours été écorchées avant l'immersion.

Et d'abord, parlons des *acides.*

Expériences XLI et XLII. — 27 mai 1864 ; transplanté sous la peau d'un jeune Rat, à droite l'extrémité, à gauche le tronçon de la queue d'un Rat adulte, qui a été immergée pendant trois heures quarante minutes dans de l'*eau saturée d'acide carbonique.*

8 juin, pris et guéri des deux côtés.

4 novembre, mort accidentelle de l'animal. Les deux greffes sont parfaitement prises et ont conservé leurs dimensions.

Expérience XLIII. — 23 juin 1864 ; greffé sous la peau d'un Rat âgé de six semaines la queue d'un Rat âgé d'un mois. Celle-ci a séjourné pendant cinq heures douze minutes dans un mélange d'*acide phénique*, 1 gramme ; *eau*, 100 grammes, puis pendant une heure dans de l'eau pure. Température, 20 degrés. Aucun accident.

5 juillet, mort accidentelle de l'animal. La queue est parfaitement greffée et en communication vasculaire évidente avec les vaisseaux de la peau ; elle n'a pas grandi.

Expérience XLIV. — 1er juin 1864, Rat âgé de trois mois. Greffé sous la peau l'extrémité de sa propre queue, qui, après avoir été coupée, a séjourné pendant *deux heures* dans de l'*eau* contenant 1 *pour* 1000 *d'acide chromique*, et a ensuite été lavée à grande eau ; elle est séparée du corps depuis six heures. Température, 17 degrés.

8 juin, encore suppuration.

25 juin, plaie guérie.

5 juillet, résorption déjà considérable.

27 juillet, on ne retrouve plus trace de la queue transplantée en palpant à travers la peau.

Expérience XLV. — Le 8 juin 1864, greffé sous la peau d'un Rat adulte la queue d'un autre Rat adulte, qui a séjourné pendant *deux heures* dans de l'*eau* contenant 1 *pour* 1000 *d'acide sulfurique concentré*, puis pendant trois heures dans de l'eau pure. Température, 20 degrés. Aucun accident.

5 juillet, la greffe est bien prise. L'animal est perdu.

Expérience XLVI. — Le 2 juillet 1864, sous la peau d'un Rat âgé de six semaines, j'introduis la queue d'un Rat âgé de deux mois ; cette queue est restée pendant *quatre heures* dans de l'*eau* contenant 1 *pour* 100 *d'acide sulfurique concentré*, puis pendant trois heures dans de l'eau pure.

5 juillet, plaie guérie.

17 juillet, la greffe est évidemment bien prise.

6 août, peut-être y a-t-il un commencement de résorption.

20 mars 1865, résorption presque complète.

Expérience XLVII. — 13 juillet 1864, Rat âgé de trois mois; greffé, sous la peau, une queue de Rat soumise, pendant *quatre heures*, à l'action d'une solution aqueuse d'*acide phosphorique cristallisé, à 2 pour* 1000.

6 août, la plaie est guérie, mais les dimensions paraissent déjà diminuées.

6 novembre, résorption presque complète.

Expérience XLVIII.—2 juillet 1864 ; greffé sous la peau d'un Rat âgé de six semaines la queue d'un Rat âgé de deux mois, ayant séjourné pendant *quatre heures* dans une solution aqueuse à 1 *pour* 100 *d'acide phosphorique cristallisé,* puis pendant trois heures dans l'eau pure.

6 juillet, inflammation énorme; suppuration de mauvaise nature ; je retire la queue toute macérée dans le pus. Le 11 juillet, j'enlève encore des lambeaux de peau sphacélés ; la suppuration continue abondamment.

Expérience XLIX. — Le 2 juillet 1864, greffé sous la peau d'un Rat âgé de deux mois la queue d'un Rat de la même portée, qui a séjourné pendant *quatre heures* dans une solution aqueuse à 1 *pour* 100 *d'acide acétique cristallisé,* puis pendant trois heures et demie dans l'eau pure.

17 juillet, encore suppuration ; élimination presque complète.

27 juillet, *idem.*

Avant de tirer aucune conclusion de ces expériences, voyons ce qui arrive de l'action de dissolutions *alcalines*.

Expérience L. — Le 13 juillet 1864, la queue d'un Rat de deux mois est coupée et immergée pendant *quatre heures* dans la solution : *eau*, 100 grammes ; *potasse caustique*, 2 grammes, puis pendant deux heures dans l'eau pure. Température, 23 degrés. Elle est ensuite greffée sous la peau d'un Rat âgé de deux mois.

6 novembre, en palpant à travers la peau, on sent la queue parfaitement greffée avec ses dimensions conservées.

Expérience LI. — Le 13 juillet 1864, la queue d'un Rat de six semaines est coupée et immergée pendant *quatre heures*

dans la solution : *eau*, 100 grammes ; *soude caustique*, 2 grammes, puis pendant deux heures dans l'eau pure. Température, 23 degrés. Elle est ensuite greffée sous la peau d'un Rat âgé de six semaines.

27 juillet, plaie guérie, greffe prise.

12 août, mort accidentelle de l'animal ; la queue a conservé ses dimensions et est évidemment parfaitement greffée.

Expérience LII. — 23 juin 1864, Rat de cinq semaines. Greffé sous la peau la queue d'un Rat de deux mois, qui a séjourné pendant *quatre heures et demie* dans la solution : *eau*, 100 grammes ; *carbonate de potasse*, 6 grammes, puis pendant une heure dans l'eau pure.

5 juillet, mort accidentelle de l'animal. Il y a encore un peu de suppuration. La queue greffée paraît bien vivante, quoiqu'un peu pâle ; évidemment elle n'aurait pas été éliminée, mais peut-être se serait-elle résorbée.

Expérience LIII. — 23 juin 1864, expérience tout à fait semblable à la précédente quant à l'âge des animaux, le titre et la durée d'action de la solution ; mais celle-ci contient du *carbonate de soude* au lieu de carbonate de potasse.

5 juillet, les dimensions paraissent diminuées.

27 juillet, résorption manifeste.

6 août, on a peine à sentir, à travers la peau, la queue greffée.

24 mai 1865, mort de l'animal ; injection par le cœur. On ne retrouve plus, comme traces de la greffe, que de petits noyaux blancs, durs, d'apparence osseuse, disséminés à intervalles réguliers sur tout l'espace qu'occupait la queue. Un examen attentif montre que chacun de ces noyaux est composé de deux noyaux adhérents assez énergiquement l'un à l'autre, quoique séparables au scalpel. Au microscope, ils apparaissent comme un tissu cartilagineux dont la trame est infiltrée de sels calcaires. C'est évidemment une partie des disques cartilagineux intervertébraux.

En comparant le résultat de l'action des liquides acides entre eux, on voit que l'acide carbonique, même en dissolution saturée,

n'a aucune influence fâcheuse, que les acides phénique et chromique paraissent plus dangereux et que les acides acétique et phosphorique surtout sont redoutables au plus haut point.

Si maintenant nous comparons les solutions acides aux solutions alcalines, nous voyons que celles-ci sont bien moins à craindre que celles-là pour les éléments anatomiques. Tandis qu'une dissolution d'acide phosphorique à 1 pour 100 tue en quatre heures la queue submergée, que celle d'acide sulfurique au même titre la frappe d'une maladie qui la conduit à la résorption, nous voyons une dissolution à 2 pour 100 de potasse ou de soude n'avoir aucune action mauvaise, et même une dissolution à 6 pour 100 de carbonates alcalins entraîner seulement la résorption. Ceci n'a rien du reste qui doive nous surprendre, et nous retrouvons pour les propriétés de nutrition ce que nous avons déjà signalé pour les propriétés d'où résulte le mouvement.

Les *autres sels alcalins* paraissent plus inoffensifs encore.

Expérience LIV. — 23 juin 1864, expérience tout à fait semblable aux deux précédentes. Le sel employé est du *chlorure de potassium*.

11 juillet, mort accidentelle de l'animal. Il y a encore un peu de suppuration au niveau de la plaie. La queue est pâle, mais bien adhérente et paraît greffée. Les muscles examinés au microscope ont perdu leurs stries, des granulations graisseuses remplissent presque seules le périmysium.

Expérience LV. — 23 juin 1864, expérience exactement semblable aux trois précédentes ; mais le sel employé est le *chlorure de sodium*.

29 juin, plaie guérie.

16 mai 1865, mort de l'animal.

Dans la moitié terminale de la queue greffée, les vertèbres sont pâles et paraissent avoir conservé leurs dimensions primitives. Dans la moitié du côté du gros bout, les vertèbres, au nombre de cinq, ont évidemment grandi et grossi : elles sont

pleines d'un sang qui contient des globules parfaitement normaux.

Expérience LVI. — 13 juillet 1864, expérience semblable aux quatre précédentes; mais le sel employé est le *chlorure d'ammonium*. La queue destinée à la greffe séjourne pendant *quatre heures* dans la solution, puis pendant deux heures dans l'eau pure. Aucun accident.

31 août, mort accidentelle de l'animal.

La queue greffée, un peu diminuée de dimension, est évidemment saine et parfaitement prise.

Énumérons maintenant d'autres expériences faites avec des *substances neutres*, mais douées de pouvoirs coagulants, osmotiques, etc.

Expérience LVII. — 15 juin 1864, la queue d'un Rat âgé d'un mois est immergée pendant *six heures* dans un mélange de 100 *parties d'eau* et de 2 *parties d'alcool*, et est ensuite lavée dans de l'eau pure. Greffe ordinaire. Aucun accident.

11 juillet, mort accidentelle de l'animal; la queue est parfaitement greffée et vascularisée.

Je ne puis retrouver de fibres musculaires; je vois des tubes nerveux variqueux en voie de dégénérescence. Dans les tendons, les cellules plasmatiques se voient très-aisément.

Expérience LVIII. — 23 juin 1864, greffé sous la peau d'un Rat âgé d'un mois sa propre queue, qui, après avoir été coupée, a séjourné pendant *quatre heures et demie* dans un mélange de 100 *grammes d'eau* et 10 *grammes d'alcool*, puis a été lavée pendant une heure dans de l'eau pure. Aucun accident.

5 juillet, mort accidentelle de l'animal. La greffe est évidemment parfaitement prise. Mais on ne peut affirmer qu'elle n'aurait pas été résorbée plus tard.

Expérience LIX. — 15 juin 1864; la queue d'un Rat adulte, qui a été immergée, aussitôt coupée, dans un mélange de *gly-*

cérine 2 *grammes*, *eau* 100 *grammes*, et qui, après y être restée pendant *six heures*, a été lavée à grande eau, est greffée sous la peau d'un Rat âgé d'un mois. Aucun accident.

24 mai 1865, mort accidentelle de l'animal; injection par le cœur. La greffe a conservé ses dimensions; l'injection l'a pénétrée très-richement.

Expérience LX. — 13 juillet 1864, Rat âgé de six semaines; greffé sous la peau sa propre queue, laquelle, après avoir été coupée, puis écorchée, est restée plongée pendant *quatre heures* dans un mélange de *glycérine* 50 *grammes*, *eau* 100 *grammes*, et a ensuite séjourné pendant deux heures dans de l'eau pure. Aucun accident.

6 août, la greffe est évidemment bien prise, mais semble diminuer dans ses dimensions. L'animal s'échappe et ne peut être retrouvé.

Expérience LXI. — 15 juin 1864; la queue d'un Rat d'un mois étant coupée, séjourne pendant *quatre heures* dans une solution d'*urée*, 2 *grammes*; *eau*, 100 *grammes*, puis pendant cinq heures dans l'eau pure. Température, 20 degrés. Elle est ensuite greffée sous la peau de l'animal à qui elle appartenait. Aucun accident.

6 novembre, dimensions évidemment diminuées.

16 mai 1865, mort accidentelle de l'animal. La queue greffée est entièrement résorbée, il n'en reste plus comme vestiges que quelques disques solides, disséminés à espaces réguliers sur toute la longueur de la queue; ce sont les cartilages intervertébraux en partie calcifiés.

Expérience LXII. — 28 juillet 1864; la queue d'un Rat âgé de trois mois, métis de Rat blanc et de Surmulot, est coupée à midi, placée de *deux heures à six heures* dans un mélange d'*urée*, 5 *grammes*; *eau*, 100 *grammes*, puis de 6 heures à 8 heures dans de l'eau pure. Elle est alors greffée sous la peau d'un Rat âgé de trois mois.

6 août, la greffe est prise.

6 novembre, il semble que les dimensions aient diminué et qu'il y ait commencement de résorption.

L'animal est, par malheur, perdu.

Expérience LXIII. — 2 juillet 1864 ; transplantation sous la peau d'un Rat âgé de deux mois, de sa propre queue, qui a baigné pendant *quatre heures* dans un mélange de *brome*, 1 *gramme; eau*, 100 *grammes*, et pendant trois heures ensuite dans de l'eau pure.

27 juillet, élimination après suppuration.

En résumant ces derniers faits, nous voyons les éléments anatomiques résister, non sans être affectés de maladie, mais enfin survivre à l'action de solutions aqueuses d'urée à 5 pour 100, d'alcool à 10 pour 100, de glycérine à un tiers, tandis que 1 pour 100 de brome les a radicalement tués.

§ IV. — Action de températures élevées, humides, et de froids intenses.

A. *Températures élevées, humides.* — Expérience LXIV. — 28 mars 1865 ; la queue d'un Surmulot adulte est coupée à 2 h. 45 min., puis suspendue, sans être écorchée, à côté d'un thermomètre dans un petit vase bien bouché, au quart rempli d'eau. La température de ce vase, chauffé au bain-marie, monte en dix minutes de 15 à 46 degrés ; elle se maintient alors pendant 5 minutes entre 44 et 46 degrés, et, le vase étant retiré de l'eau, elle met dix minutes à revenir à 15 degrés.

A 3 heures 15 minutes, la queue est écorchée et greffée (5 centimètres) sous la peau du Surmulot auquel elle appartenait. Aucun accident.

Le 13 juillet, je tue l'animal et l'injecte.

Les dimensions de la queue parasitaire sont conservées. L'injection a pénétré dans les vaisseaux jusque dans la moelle osseuse. Celle-ci a conservé ses vésicules adipeuses, mais présente en même temps d'abondants médullocelles ; on trouve de ces éléments réunis par masses serrées en certains points,

sous le périoste. Les muscles, très-atrophiés, ont conservé leurs stries. Dans quelques articulations vertébrales, la cavité de la notocorde est en communication avec la moelle osseuse, comme il arrive dans certaines maladies des os.

Expérience LXV. — 25 mai 1864 ; la queue d'un Rat adulte, immédiatement après avoir été coupée, est écorchée puis plongée dans de l'*eau* à la température de 50 degrés, qu'on laisse refroidir jusqu'à 40 degrés. Ce refroidissement dure douze minutes.

Elle est alors greffée en deux morceaux sous la peau d'un jeune Rat, l'extrémité à droite et le tronçon à gauche.

8 juin, à gauche, élimination après suppuration. A droite, plaie guérie.

17 juillet, les dimensions paraissent diminuer.

6 novembre, résorption manifeste.

Expérience LXVI. — 23 juin 1865 ; la queue d'un Rat adulte, coupée à 3 h. 45 min., est placée à 4 h. 34 min., non écorchée, dans un petit appareil semblable à celui des expériences précédentes. La température est de 35 degrés ; à 4 h. 39 min., elle atteint 56 degrés ; à 4 h. 41 min., 57 degrés ; à 4 h. 43 min., elle redescend à 56 ; à 4 h. 44 min., elle est tombée à 50 degrés ; et à 4 h. 45 min., le vase est ouvert.

A cinq heures, greffe sous la peau d'un Rat adulte ; longueur, 4 centimètres. Aucun accident.

11 août, l'animal est tué et injecté. Les dimensions de la queue transplantée sont conservées ; l'injection, quoique médiocre, en a pénétré les vaisseaux. La graisse a presque complétement disparu dans les tissus qui entourent les os ; la moelle osseuse est complétement transformée en tissu fibreux.

Nous voyons donc les propriétés vitales de nutrition conservées dans des éléments anatomiques après qu'ils ont subi, dans un milieu humide, une température qui a pu s'élever dans la dernière expérience, pendant quelques minutes, à + 57 degrés cen-

tigrades. Ce fait me semble fort intéressant, surtout si on le rapproche de ce qui a été dit touchant la cessation de la propriété contractile des muscles, laquelle, chez les Mammifères, disparaît à 45 degrés; or, on a vu que, pour ces éléments mêmes, la vie nutritive n'est pas éteinte à cette température, puisqu'ils subissent la modification pathologique indiquée ci-dessus.

L'immersion dans l'eau chaude d'une queue dépouillée de sa peau semble un peu plus dangereuse que l'exposition simple à la vapeur d'eau chaude; au moins y a-t-il eu, dans les expériences que j'ai faites, et dont je viens de rapporter une avec détail, une résorption plus rapide que celle qui se serait probablement emparée des autres greffes chauffées.

On remarquera que, dans les expériences ci-dessus rapportées, la durée de l'exposition à ces hautes températures a été très-courte; il ne serait pas prudent de laisser longtemps les éléments anatomiques soumis à cette influence. Les faits suivants en fourniront une preuve :

Expériences LXVII et LXVIII. — 9 mars 1865; les queues de deux Surmulots adultes ont été coupées puis suspendues dans un petit appareil semblable à celui des expériences précédentes. La température s'y élève entre 3 h. 50 min. et 4 h. de 40 à 48 degrés; de 4 h. à 4 h. 20 min., elle atteint 50 degrés; de 4 h. 20 min. à 4 h. 23 min., oscille entre 50 et 53 degrés; puis redescend entre 4 h. 23 min. et 4 h. 40 min. à 48 degrés; entre 4 h. 40 min. et 4 h. 50 min. à 35 degrés; entre 4 h. 50 min. et 5 heures à 25 degrés.

A 5 h. 10 min., elles sont greffées l'une à droite, l'autre à gauche, sous la peau du flanc de l'un des animaux qui les avait fournies. Mais une inflammation violente se déclare, et tout s'en va avec la suppuration.

B. *Froids intenses.* — Expérience LXIX. — 25 juin 1864. Transplantation d'une queue de Rat ayant séjourné 3 heures et demie dans un tube de verre immergé dans de la *glace fondante.* Aucun accident.

4 novembre, greffe parfaitement prise ; riche communication vasculaire ; dimensions conservées. Moelle adipeuse avec quelques médullocelles.

Expérience LXX. — 25 juin 1864 ; transplantation d'une queue de Rat ayant séjourné pendant deux heures et demie dans un tube de verre qui plonge dans un mélange de glace et de sel, où la température s'est abaissée à — 12 degrés ; mais le tube étant ouvert, je ne sais pas exactement à quelle *température* l'organe en expérience a été soumis ; elle est du moins, à coup sûr, *inférieure à zéro.*

27 juillet, greffe parfaitement prise ; dimensions conservées.

Expérience LXXI. — 2 juillet 1864. La queue d'un Rat de deux mois, séparée du corps et dépouillée de sa peau, est placée dans un tube de verre plein d'eau, ouvert à son extrémité supérieure. Ce tube plonge pendant trois heures dans un mélange de glace et de sel, dont la température reste longtemps à — 5 degrés et — 7 degrés ; durant ces trois heures, la queue reste enfermée dans la *glace;* je retire alors le tube, et le laisse lentement revenir à la température ambiante qui est de + 20 degrés.

Transplantation sous la peau d'un Rat âgé de deux mois. Aucun accident.

10 mai 1865, mort de l'animal. La moelle osseuse, d'adipeuse qu'elle était, est devenue granuleuse, c'est-à-dire remplie de médullocelles.

Expérience LXXII. — 27 décembre 1864 ; la queue d'un Rat adulte, coupée à 1 heure 45 minutes, est enfermée dans un tube de verre bien bouché, plein d'air. Ce tube est plongé dans un mélange réfrigérant dont la température est de 2 heures à 2 h. 35 min.,— 2 degrés ; de 2 h. 35 min., à 3 heures,— 4 degrés ; de 3 heures à 3 h. 15 min., — 15 degrés ; à 3 h. 15 min., — 12 degrés ; à 3 h. 35 min., — 11 degrés ; à 3 h. 50 min,,

— 10 degrés. Greffe à 4 h. 25 min., sous la peau d'un Rat adulte. Aucun accident.

26 mai 1865, la queue greffée est résorbée dans ses vertèbres terminales; mais celles du gros bout ont conservé leurs dimensions et sont bien vivantes : l'injection y a pénétré.

Expérience LXXIII. — 17 mars 1865. La queue d'un Rat adulte, coupée à 12 heures 45 minutes, mais non écorchée, est suspendue dans un petit tube de verre bien bouché, à côté d'un thermomètre. Ce tube est plongé, à 12 heures 50 minutes, dans un mélange réfrigérant, composé de glace et de sel, qui met de 12 h. 50 min. à 1 h 5 min. pour acquérir la température de — 5 degrés, et la conserve jusqu'à 1 h. 15 min.; elle remonte alors, et à 1 h. 25 min. atteint — 3 degrés. Je retire alors le tube, modifie la composition du mélange réfrigérant, et y replonge le tube.

A 1 h. 32 min., la température est de — 5 degrés; à 1 h. 45 min., elle est descendue à — 16 degrés, et s'y maintient jusqu'à 2 h. 5 min.; de 2 h. 5 min à 2 h. 20 min., elle reste à — 15 degrés; à 2 h. 30 min., elle est remontée à — 9 degrés; à 2 h. 40 min., elle atteint zéro, et à 2 h. 50 min., elle est à + 12 degrés.

A 3 h. 15 min., transplantation sous la peau d'un Rat adulte.

20 mars, plaie non encore guérie, empâtement douloureux autour de la queue greffée.

29 avril, une vertèbre nécrosée fait issue; je l'enlève ; plus de signes inflammatoires.

25 mai, résorption commençante.

12 juin, résorption manifeste.

10 juillet, je tue l'animal et l'injecte.

La queue est réduite à 2 centimètres environ, et présente un aspect assez informe. L'injection y a pénétré. La moelle vertébrale a perdu ses cellules adipeuses. Par malheur, la dissolution d'acide chromique dans laquelle je l'avais placée pour pouvoir l'examiner avec plus de détails, s'étant trouvée trop concentrée, la pièce se réduit en détritus.

Expérience LXXIV. — Le 24 novembre 1865, à 4 heures 30 minutes, la queue d'un Rat adulte est coupée, puis placée, revêtue de sa peau, dans le petit appareil de l'expérience précédente.

A 4 heures 35 minutes, la température du tube étant + 19 degrés, je le plonge dans le mélange réfrigérant; à 4 h. 40 min., le thermomètre marque — 7 degrés; à 4 h 45 min., — 12 degrés; à 4 h. 50 min., — 16 degrés; à 4 h. 55 min., — 17 degrés; à 5 heures, — 18 degrés; de 5 h. 10 min. à 5 h. 30 min., il remonte à — 17 degrés; à 5 h. 45 min., il est revenu à — 10 degrés; à 5 h. 50 min., à — 2 degrés; à 5 h. 55 min., à + 1 degré; à 6 h. 5 min., à + 8 degrés.

La greffe est faite à 6 heures 10 minutes.

Le 5 décembre, la plaie n'est pas encore tout à fait guérie; il en sort un peu de pus séreux en pressant sur la partie greffée.

13 décembre, je tue l'animal. Injection au bleu de Prusse, qui pénètre dans la queue transplantée, et jusque dans la moelle; là où l'injection n'a pas pénétré, les vaisseaux apparaissent pleins de globules sanguins. La moelle a peu changé d'aspect; on y trouve cependant un peu plus de médullocelles que dans l'état normal. Quant aux muscles, on ne leur retrouve plus de stries.

On voit que le froid est très-peu redoutable pour les éléments anatomiques, puisque dans bon nombre d'expériences ou la queue d'un Rat a été soumise soit dans l'air, soit dans l'eau, pendant un temps assez long, à des températures notablement inférieures à zéro, toujours la greffe a réussi. Si l'abaissement est très-considérable, la greffe devient malade, la moelle vertébrale se remplit de cellules jeunes, et l'os se résorbe. Mais ces modifications s'opèrent lentement. Nous n'avons pas encore atteint la limite inférieure à laquelle disparaissent les propriétés vitales; il reste seulement établi qu'elles survivent à une température de — 18 degrés.

§ V. — Dessiccation par l'acide sulfurique dans le vide, avec ou sans l'action consécutive d'une température voisine de 100 degrés.

Quand on fixe son attention sur les faits de réviviscence après dessiccation constatés chez les Rotifères et chez d'autres animaux microscopiques, il devient difficile de croire qu'ils soient isolés, et que ces êtres, d'une structure cependant si complexe, soient doués d'une propriété spéciale qui les mette tout à fait à part, et au rang d'exception, dans le règne animal. A coup sûr, chez les animaux vertébrés, la contractilité musculaire ne revient pas après dessiccation ; mais en est-il de même pour les propriétés fondamentales de la matière organisée, pour les propriétés de nutrition? On devait se poser cette question, et la méthode des transplantations nous a permis d'essayer d'y répondre.

Nous allons énumérer les faits qu'elle nous a jusqu'à présent fournis.

A. *Dessiccation par le vide et l'acide sulfurique.* — Expérience LXXV. — 7 juillet 1864 ; la queue d'un Rat adulte est coupée à midi, écorchée à 2 heures, placée à 3 heures dans le *vide* de la cloche pneumatique, à côté d'*acide sulfurique concentré ;* elle reste là jusqu'au lendemain à 3 heures ; elle est alors greffée sous la peau d'un Rat adulte. Aucun accident.

6 novembre, la greffe paraît bien prise ; ses dimensions n'ont pas changé.

Expériences LXXVI et LXXVII. — 27 février 1855 ; deux queues de Rats adultes, coupées et écorchées le 25 février à 2 heures, ont aussitôt été mises sous la *cloche pneumatique* en présence de l'*acide sulfurique concentré.* Elles y sont restées jusqu'au lendemain à 2 heures ; la température était de 12 à 15 degrés, et la pression était remontée à 15 centimètres. De 2 heures à 5 heures elles ont alors été placées dans l'étuve de Gay-Lussac, à une *température sèche*, qui a monté de 35 à 50 degrés. Greffées à 5 heures sous la peau de Rats adultes. Aucun accident.

13 juillet, 19 juillet, je tue les deux animaux et les injecte. Les queues greffées ont conservé leurs dimensions. L'injection a pénétré assez richement les os et leur moelle. Celle-ci est entièrement transformée en tissu fibreux contenant bon nombre de corps cellulaires, qui sont probablement des médullocelles hypertrophiées. On ne voit plus de vésicules adipeuses.

Expériences LXXVIII, LXXIX et LXXX. — Le 18 juillet 1865, à trois Rats âgés de trois semaines, je coupe la queue ; je dépouille ces organes de leur peau et les suspend à 9 heures 30 minutes du matin dans la *cloche pneumatique*, au-dessus de l'*acide sulfurique concentré*. La température est de 23 degrés ; le soir, la pression est de 2 centimètres ; le lendemain, à midi, elle a dépassé 15 centimètres. Je les greffe alors sous la peau des jeunes Rats auxquels elles appartenaient. Longueur de la partie transplantée, 2 centimètres (dimension prise sur la pièce sèche ; elle correspond environ à 2c,5 sur la pièce fraîche). Aucun accident ne survient.

Le 17 août, je tue l'un des jeunes animaux et l'injecte. La greffe paraît bien vivante au premier aspect ; malheureusement la pièce est perdue sans que j'aie pu l'examiner.

Le 20 octobre, chez les deux autres Rats, la résorption est telle qu'on sent à peine les queues greffées en palpant à travers la peau.

20 novembre, je tue le deuxième animal. On reconnaît aisément la queue, adhérente à la peau ; elle mesure 4 centimètres. Toutes les parties osseuses ont disparu ; il ne reste plus en place que presque tous les cartilages calcifiés. Tout est devenu graisseux, sauf les tendons ; dans ceux-ci, dans les cellules adipeuses et dans les vaisseaux capillaires, le carmin colore les noyaux.

5 décembre, je tue le dernier Rat. La queue mesure 3c,5. La résorption est encore plus avancée, beaucoup de cartilages calcifiés ont disparu, et d'autres présentent un pourtour crénelé.

B. *Dessiccation par l'acide sulfurique dans le vide, avec l'action consécutive d'une température voisine de 100 degrés.*

Expériences LXXXI et LXXXII. — 8 mars 1865 ; deux queues de Rats adultes, qui ont été coupées en même temps que celles des expériences LXXVI et LXXVII et *desséchées* à côté d'elles, ont été conservées dans un tube de verre bien bouché et bien sec du 27 février au 4 mars.

Le 4 mars, elles sont mises dans l'étuve de Gay-Lussac où la température atteint, au bout de deux heures, 99 degrés et s'y maintient pendant deux heures encore. Je les renferme alors dans le même tube bouché qui a été chauffé avec elles et je les y laisse jusqu'au 8 mars.

Le 8, je les greffe l'une à droite, l'autre à gauche, sous la peau du flanc d'un Rat adulte. Aucun accident ne survient.

24 mai, mort accidentelle de l'animal ; je l'injecte par le cœur. Les queues greffées ont conservé leurs dimensions et l'injection a pénétré dans les vaisseaux de leur moelle osseuse.

Expériences LXXXIII et LXXXIV. — 20 juillet 1865 ; deux queues de Rats âgés de trois semaines, soumises au même traitement que celles des expériences LXXVIII, LXXIX et LXXX, c'est-à-dire coupées le 18 juillet et *desséchées* dans le vide, sont placées le 19 dans l'étuve de Gay-Lussac, qui marque 50 degrés ; la température s'élève rapidement à 99 degrés et s'y maintient pendant une heure. Les queues sont ensuite retirées, renfermées dans un tube de verre bien sec et greffées le 20 sous la peau de Rats âgés de trois semaines. Aucun accident ne survient.

Le 12 août, je tue l'un des Rats et tente une injection au collodion coloré, injection qui, bien que très-mauvaise, pénètre un peu dans la greffe et jusque dans la moelle. Il y a déjà un commencement de résorption du côté du gros bout, où quelques vertèbres ont disparu. Dans les autres, la moelle osseuse a perdu sa graisse et passé à l'état fibreux. On y trouve un grand nombre d'éléments cellulaires contenant un noyau et des granulations.

Le 23 août, je tue l'autre Rat et l'injecte au bleu de Prusse soluble. L'injection pénètre abondamment dans les os et dans leur moelle qui est également fibreuse avec des médullocelles dont le noyau paraît être devenu graisseux. La résorption étant plus avancée que chez l'animal tué le 12 août, les os sont devenus extrêmement minces.

Si maintenant nous analysons ces résultats, nous voyons que nous avons rencontré dans les queues desséchées, que la chaleur soit ou non intervenue, les trois critériums auxquels nous avons dit, au commencement de ce chapitre, qu'on doit reconnaître la persistance de la vitalité, à savoir : l'augmentation des dimensions, quand la partie greffée est jeune ; les altérations pathologiques ; la communication vasculaire. Il paraît donc difficile de nier que la vitalité ait persisté après la dessiccation complète dans les éléments anatomiques qui constituent la queue d'un Rat, au moins dans les éléments du tissu conjonctif et de la moelle des os.

Nous avons fait la contre-épreuve des expériences précitées en introduisant sous la peau d'un Rat des queues chauffées à 99 degrés après avoir été insuffisamment desséchées ; des queues séparées depuis plusieurs mois et laissées depuis ce temps à l'air libre, où elles s'étaient à demi desséchées ; enfin, des queues semblables aux précédentes, mais desséchées avec grand soin immédiatement avant la transplantation. Dans la presque totalité de ces cas, nous avons eu suppuration et prompte élimination. Quelquefois, surtout quand elle avait été bien desséchée, la queue morte était tolérée ; mais alors elle disparaissait rapidement quant à ses parties molles ; et ses os, qui restaient plus longtemps, se montraient isolés les uns des autres et étroitement serrés par le tissu connectif appartenant à l'individu-sujet avec lequel les coupes transversales prouvaient qu'ils n'avaient aucun rapport. Dans ces conditions, les injections même très-fines ne les pénètrent pas ; mais il peut arriver que, à la suite d'extravasations, la matière colorante s'insinue par les canaux nourriciers et entre dans la cavité même de la vertèbre, par une imbibition

qu'il est impossible de confondre avec une véritable injection vasculaire.

La contre-épreuve semble donc jusqu'ici favorable à l'opinion de la vitalité conservée. Cependant, en présence d'un fait qui paraîtra extraordinaire, nous n'osons nous avancer jusqu'à une affirmation complète. Sans doute, les principes de la physiologie générale doivent nous encourager; mais, dût-on nous accuser de prudence exagérée et jusqu'à un certain point d'inconséquence avec ce que nous avons dit au commencement de ce travail, nous suspendons encore notre jugement définitif jusqu'à ce que des expériences actuellement en voie d'exécution nous permettent d'être plus hardi, ou nous forcent à nous applaudir de notre réserve actuelle.

§ VI. — Transplantations entre animaux appartenant à des espèces différentes.

Dans les paragraphes précédents, nous avons étudié l'action de modificateurs d'ordre purement physico-chimiques, l'influence de milieux qui n'ont rien d'analogue dans les corps organisés vivants. Il est tout aussi intéressant de savoir quelle influence peuvent avoir sur les éléments anatomiques des milieux appartenant à des êtres vivants, mais différents plus ou moins de ceux où se nourrissaient ces éléments. C'est ce que réalisent les transplantations entre animaux d'espèces différentes. Dans les expériences rapportées jusqu'ici, l'action des modificateurs avait été antérieure à la transplantation; dans celles-ci, au contraire, elle sera postérieure. Mais toutes ces expériences appartiennent évidemment au même ordre de faits.

Expérience LXXXV. — 18 mai 1863; introduit sous la peau d'un Rat blanc (*Mus rattus*, var. albine) 3 centimètres de *queue* écorchée d'un jeune Surmulot (*Mus decumanus*). La greffe prend parfaitement et la queue grandit.

Expérience LXXXVI. — 30 mai 1865, greffé sous la peau d'un *Rat* adulte 3 centimètres de *queue* d'un jeune *Surmulot*

ayant encore les yeux fermés; cette queue est coupée depuis trois heures et conservée depuis ce temps, non écorchée, dans un tube bouché. Aucun accident.

6 juin, je tue l'animal et l'injecte. L'injection pénètre dans les plus petits vaisseaux cutanés; elle enveloppe d'un riche réseau la queue greffée. Celle-ci a grandi et mesure 3c,6.

La queue parasitaire est entourée d'une espèce de gaîne de nouvelle formation dans laquelle elle est libre, et dont elle pourrait être retirée comme une épée de son fourreau, si, vers la pointe seulement, dans une région voisine des lèvres de la plaie, elle n'était adhérente à la peau; l'injection a pénétré par là dans quatre ou cinq vertèbres. Ce fourreau s'accole intimement à la peau par une de ses faces qui est de beaucoup la plus épaisse; l'autre est recouverte par le tissu cellulaire sous-cutané qui s'y fixe. Il est composé d'un tissu lamineux non vasculaire, où l'on voit quelques rares corps fibro-plastiques et de nombreuses granulations graisseuses très-fines.

Les tendons, traités par l'acide acétique, laissent voir de nombreux noyaux. Les muscles paraissent intacts.

Expérience LXXXVII. — 24 août 1865, la *queue* d'un *Mulot* (*Mus sylvaticus*) adulte, mort depuis une demi-heure, est coupée sur une longueur de 3 centimètres et greffée sous la peau d'un *Rat blanc* adulte. Pendant l'opération, la queue tombe à terre et je suis obligé de la laver.

20 octobre, la queue a diminué de dimensions.

29 novembre, je tue l'animal et l'injecte. Deux ou trois vertèbres au gros bout ont conservé leurs dimensions; les suivantes sont en voie de résorption; enfin les quatre ou cinq terminales sont entièrement résorbées. L'injection a pénétré dans les deux ou trois premières vertèbres. La première a la moelle fibreuse.

Expériences LXXXVIII et LXXXIX. — 30 mai 1865, à droite et à gauche, sous la peau, greffé à un *Écureuil* 3 centimètres 1/2 de *queue* de jeunes *Surmulots* qui n'ont pas encore les yeux ouverts.

6 juin, suppuration des deux côtés.

26 juillet, il y a encore un peu de suppuration à gauche. On ne sent plus rien sous la peau d'aucun côté.

Expériences XC et XCI. — 8 mai 1865 ; greffé sous la peau de deux *Cochons d'Inde* 5 centimètres de *queue* de *Rats* âgés de trois semaines.

17 mai, chez l'un des animaux, inflammation tellement violente qu'il en meurt. Chez l'autre, la plaie est guérie.

11 juillet, mort de celui-ci. La queue existe sous la peau ; mais ses parties molles ont disparu, et elle est réduite à ses os. Ce n'est pas là une résorption pathologique, mais une sorte de digestion locale.

Expériences XCII, XCIII, XCIV et XCV. — 31 mars 1864 ; greffé sous la peau d'un *Lapin*, en quatre endroits : 1° la *queue*, 2° le *sternum*, 3° l'*avant-bras*, 4° la *jambe*, d'un jeune *Rat blanc* commençant à avoir du poil. Ces fragments ont été autant que possible dépouillés des parties molles.

Suppuration partout, puis élimination.

Expériences XCVI et XCVII. — 26 mars 1864 ; greffé sous la peau de deux *Rats blancs* le *radius* et une branche de la *mâchoire inférieure* d'un *Chien* âgé de huit jours, mort depuis dix heures environ. Ces organes ont été dépouillés de leurs parties molles.

Suppuration, élimination.

Expériences XCVIII, XCIX, C et CI. — 26 mars 1864 ; greffé sous la peau de *Rats blancs* le *cubitus*, la *queue*, le *sternum* et une branche de la *mâchoire inférieure* du même Chien.

29 avril, inflammation tellement violente qu'elle tue les quatre animaux.

Expérience CII. — 16 mai 1863 ; la *queue* d'un *Rat* de trois semaines est greffée sous la peau d'un jeune *Chat*. La plaie se guérit rapidement; les dimensions de la queue incluse diminuent, elle finit par disparaître complétement.

Expérience CIII. — 24 avril 1863 ; les *queues* de deux *Chats* de trois jours sont greffées sous la peau de deux *Rats blancs*, sur une longueur de 5 centimètres.

7 mai, chez l'un des deux animaux, il y a suppuration et élimination. Chez l'autre, la plaie est guérie.

9 juin, chez celui-ci, un petit abcès s'étant ouvert, j'en retire une vertèbre nécrosée, puis j'ai la maladresse d'arracher la queue tout entière. Il me semble que je romps, en faisant cela, des adhérences vasculaires et ce que je retire paraît vivant ; par malheur, la pièce est perdue avant que j'aie pu en faire l'examen microscopique.

Dans trois autres expériences, faites dans les mêmes conditions, j'ai toujours eu suppuration et élimination rapide.

C'est encore l'élimination qui a jugé toutes les tentatives que j'ai faites pour transplanter des parties de très-jeunes *Oiseaux* sous la peau de *Rats*, et l'inflammation a parfois été assez forte pour tuer l'animal.

Enfin, ayant essayé, réciproquement, de greffer des queues de *Rat* dans les appendices de la gorge de *Coqs* ou de *Dindons*, j'ai vu ces organes être enveloppés sans suppuration d'un kyste, où ils subissaient une sorte de décomposition graisseuse qui n'avait aucun rapport avec une évolution vivante.

On voit que la greffe réussit entre Rats et Surmulots presque aussi bien que de Rats à Rats. De Mulot sur Rat, il y a déjà dégénérescence fibreuse de la moelle et résorption consécutive de l'os. Enfin, en franchissant de plus grands intervalles zoologiques, nous avons toujours vu la suppuration entraîner les parties greffées, ou celles-ci disparaître par une résorption qui nous a semblé devoir être comparée à une simple digestion locale. Il y a là, au reste, un vaste champ d'expériences que nous sommes loin d'avoir entièrement parcouru. Il est bon de faire remarquer toutefois que nos expériences concordent avec les résultats obtenus par M. Ollier dans les transplantations de périoste, et avec ce qu'ont enseigné depuis longtemps les tentatives de transfusion sanguine entre espèces différentes.

CHAPITRE V.

RÉSUMÉ ET CONSÉQUENCES DES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES.

Nous devons maintenant résumer d'une manière succincte les résultats principaux des expériences rapportées dans le chapitre précédent.

Le premier fait qui se présente, c'est que la séparation du corps d'un membre, comme une patte ou une queue, chez un animal à sang chaud, comme un Rat, ne met en péril immédiat la vie d'aucun des éléments anatomiques qui constituent cet organe ; si on leur rend par la transplantation sous-cutanée ou intra-péritonéale des conditions nutritives convenables, ils continuent à vivre et manifestent leur existence par des phénomènes tout à fait comparables à ceux qu'ils eussent présenté si, après quelque lésion chirurgicale, ils fussent restés en place. Il en résulte que les propriétés diverses suivent des fortunes différentes, les unes disparaissant pour ne plus revenir, les autres disparaissant momentanément pour reparaître après une évolution anatomique déterminée, les autres demeurant en pleine activité.

Ainsi, la *contractilité* est perdue à la suite de modifications pathologiques présentées par la fibre musculaire, modifications semblables à celles qu'on a déjà décrites dans les muscles soumis à certaines causes morbigènes (atrophie simple avec ou sans conservation des stries transversales, dégénérescence graisseuse), et elle est perdue sans retour.

Les tubes nerveux subissant les altérations consécutives à leur séparation des centres dits trophiques, leur propriété caractéristique, la *conductibilité nerveuse* disparaît ; mais lorsqu'à la suite de l'évolution réparatrice décrite par MM. Philipeaux et Vulpian, des tubes se sont régénérés, leur propriété se manifeste à nouveau. On a vu (p. 12) comment la transplantation nous a permis de démontrer, par un renversement des rapports primitifs des parties, que la transmission de l'ébran-

lement nerveux dans les nerfs de sensibilité se fait également suivant les deux directions centripète et centrifuge.

Des expériences en projet ou en cours d'exécution, et dans lesquelles des muscles ou des nerfs isolés sont employés sous des masses assez considérables pour faciliter leur étude, nous permettront de suivre l'influence que des modificateurs divers peuvent exercer sur la production et la marche de ces altérations élémentaires. Nous espérons ainsi donner aux physiologistes qui s'occupent, au point de vue statique ou dynamique, des déviations morbides de la matière organisée, des moyens sûrs de produire à volonté telle ou telle de ces altérations, et, par conséquent, d'en étudier aisément l'évolution. Et comme la pathologie n'est autre chose que la physiologie dans des conditions spéciales, nous jetterons sans doute par là quelque jour nouveau sur les propriétés des éléments musculaires et nerveux.

Déjà les recherches consignées dans le précédent chapitre nous ont donné d'intéressants résultats pour les *propriétés de nutrition* des éléments appartenant au grand groupe des éléments connectifs, à savoir : les cellules plasmatiques, les fibres tendineuses, les éléments de la moelle des os, du cartilage et de l'os lui-même. Nous avons vu ces organites vivre d'une vie normale et suivre une évolution régulière, si nulle cause morbifique ne vient agir sur eux. Que si, au contraire, nous faisons intervenir des modificateurs plus ou moins énergiques, nous les voyons, dans ces conditions anormales, suivre une évolution anormale, mais toujours régulière par rapport à ces conditions.

Dans ces processus pathologiques, nous n'avons rien eu de nouveau à signaler quant à l'espèce morbide ; tout ce que nous avons décrit a son analogue dans le cadre nosologique actuellement établi. Nous avons vu, en effet, que si des conditions morbigènes d'intensité médiocre agissent sur les parties transplantées, les éléments cellulaires de la moelle osseuse se multiplient rapidement tandis que ses vésicules adipeuses perdent la graisse qu'elles contenaient, lésions qui font partie de celles de l'ostéite simple. Que si le modificateur est plus énergique, la transforma-

tion fibreuse de la moelle est le résultat de son action, et cette transformation commence toujours, ainsi que cela est connu, dans les parties les plus voisines de l'os. Ce n'est pas tout : le tissu lamineux se développant dans les canaux nourriciers, rétrécit sans l'oblitérer le calibre des vaisseaux qui le traversent ; la substance même de l'os se ramollit, laisse en liberté les ostéoplastes qui, perdant leurs prolongements, repassent à l'état jeune, à l'état cellulaire ; le cartilage subit des modifications analogues, si bien que toutes les parties solides disparaissent, hormis (surtout lorsqu'on agit sur des queues appartenant à de jeunes animaux) ces disques cartilagineux calcifiés qu'on retrouve, du reste, dans certaines maladies de la colonne vertébrale (mal de Pott). Tout ce processus est analogue à celui de l'ostéomalacie ; enfin, quand est terminée cette évolution absorbante, les éléments se momifient en s'infiltrant de matière grasse (1).

Nous n'avons pas étudié avec tous les soins qu'on exige à bon droit de l'anatomo-pathologiste les détails de ces altérations. Qu'on nous le pardonne : notre but était tout autre. Nous avons seulement recherché les faits pathologiques comme preuve que les éléments avaient résisté aux modificateurs que nous avions fait agir sur eux, comme critérium de la vie. Si nous sommes revenu dans une vue d'ensemble sur les résultats que nous avions constatés, c'est surtout, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, pour appeler directement l'attention sur une méthode expérimentale qui pourra donner des résultats utiles à l'anatomie pathologique.

Nous avons dit, au commencement de ce chapitre, qu'un autre critérium de la vie conservée chez la partie transplantée est la pénétration dans ses vaisseaux de l'injection poussée par le cœur de l'animal qui la porte. Disons un mot de la manière dont s'établit cette communication nutritive. Pendant quelques jours, la queue parasitaire vit par imbibition simple dans les liquides qui

(1) Ce résumé des altérations des tissus me fournit une heureuse occasion de remercier mon ami M. le docteur Ranvier des utiles conseils que lui ont permis de me donner ses connaissances étendues en anatomie pathologique et sa grande habileté dans le maniement du microscope.

l'entourent ; une sorte de fourreau de tissu lamineux l'enveloppe, mais elle s'y meut encore librement ; bientôt, cependant, et surtout au niveau des lèvres de la plaie quand elle arrive à leur contact, bientôt des tractus lamineux la fixent à la peau. Puis, des capillaires pénètrent ces tractus et font communiquer les vaisseaux de la greffe avec ceux du sujet. Toute cette évolution que nous n'avons pas précisée davantage dans ses intéressants détails par les raisons indiquées quelques lignes plus haut, s'opère avec une grande rapidité, puisque le cinquième jour (p. 56) le sang peut pénétrer dans la queue parasitaire.

Tout ceci étant établi, résumons les effets que nous avons pu constater touchant l'action de modificateurs divers.

La queue d'un Rat, séparée du corps et conservée dans une petite quantité d'air confiné, à l'abri de la dessiccation, vit encore après deux, trois et même sept jours, si la température ne s'élève pas au-dessus de + 12 degrés centigrades ; que si elle atteint de 25 à 30 degrés, la mort de l'organe arrive avant deux jours (1). A 30 degrés, elle vit après 7 h. 30 m. de séparation, et vivrait sans doute après plusieurs heures encore.

L'action d'un courant électrique assez intense, continuée pendant dix-sept heures, la laisse vivre également.

Elle résiste même, non sans altérations pathologiques, à des extrêmes de températures que j'ai poussés jusqu'à + 56 degrés dans la vapeur d'eau et — 18 degrés dans l'air, sans avoir atteint encore les limites certainement mortelles.

Enfin, après la dessiccation dans le vide, assurée consécutivement par l'action de la chaleur poussée jusqu'au voisinage de 100 degrés, c'est-à-dire après une dessiccation aussi complète que nous permettent de l'obtenir les moyens actuels de la science, la queue d'un Rat semble vivre encore, car ses dimen-

(1) Il résulte de cette énorme différence dans la conservation des propriétés vitales, avec des différences relativement peu considérables dans la température, que peut-être les chirurgiens ont tort lorsque, après la ligature d'une maîtresse artère, ils s'efforcent de réchauffer le membre momentanément refroidi. Je pense qu'ils augmentent ainsi les chances de gangrène, et qu'il vaudrait mieux maintenir le membre à une basse température, en attendant le retour de la circulation.

sions augmentent, ses vaisseaux s'unissent avec ceux de l'animal qui la porte, et sa moelle osseuse subit la dégénérescence fibreuse. J'ai dit plus haut les motifs qui me font encore employer une forme dubitative de langage dans l'expression de cette proposition hardie.

Après un séjour prolongé dans l'oxygène ou l'acide carbonique, l'azote, l'hydrogène, l'oxyde de carbone, les vapeurs d'acide phénique, de benzine, d'ammoniaque ou d'éther, des queues de Rat ont pu être greffées en totalité ou en partie, non sans avoir été frappées quelquefois de maladies qui en ont entraîné la résorption.

L'immersion dans l'eau est plus redoutable pour les éléments anatomiques que l'action de la plupart des gaz ; cependant ils survivent après neuf heures à la température de + 18 degrés, et probablement un peu plus longtemps encore. Prise dans un morceau de glace à une température notablement inférieure à zéro, la queue d'un Rat a continué à vivre; il en a été de même pour de l'eau à + 50 degrés, mais il y a eu alors lente résorption.

On a pu voir que les acides, surtout les acides acétique et phosphorique tuent les éléments à des doses infiniment moindres que les alcalis; ainsi, 1 p. 100 de ces acides, dans l'eau, tue en quatre heures la queue immergée, tandis qu'une dissolution à 2 p. 100 de potasse est parfaitement inoffensive : la nécessité de l'alcalinité du sang trouve ici confirmation.

Enfin, on remarquera l'innocuité de solutions notablement exosmotiques, comme celle de glycérine dans le double de son poids d'eau, et l'élimination à la suite de l'emploi d'une solution aqueuse de brome, au titre de 1 p. 100.

Au point de vue zoologique, c'est-à-dire en envisageant les modificateurs qui agissent consécutivement à la transplantation, nous avons échoué dans toutes nos tentatives faites pour franchir les limites du genre. De Rat à Surmulot, ou réciproquement, la réussite est presque aussi assurée que de Rat à Rat; mais déjà de Mulot sur Rat nous avons altération fibreuse de la moelle vertébrale, et résorption.

Il serait intéressant de voir si l'énergie de la résistance vitale est à peu près égale dans différents types zoologiques ; si, par exemple, chez les Oiseaux, une partie séparée du corps vivrait encore après plusieurs jours, etc..... C'est là un nouvel ordre de recherches que nous n'avons pas même effleuré.

En terminant ce résumé, je demande la permission d'attirer particulièrement l'attention sur quelques conséquences d'un ordre plus général qui me paraissent découler nettement des expériences ci-dessus rapportées.

A. — C'est une question vieille comme la médecine que celle de savoir s'il existe dans les êtres vivants un principe directeur et coordinateur tenant sous sa dépendance la vie de toutes les parties du corps ; ou si, au contraire, celles-ci vivent chacune pour leur propre compte, en vertu d'une autonomie dont les manifestations synergiques chez toutes constituent l'apparente unité de la vie.

Il ne peut entrer dans notre pensée de donner ici une indication même succincte de ce qui a été dit pour et contre dans cette capitale querelle où l'on a si mal à propos employé les mots de vitalisme et d'organicisme : l'énumération seule des arguments et des faits invoqués remplirait bien des pages. Nous devons nous restreindre à ce qui a un rapport direct avec nos expériences, c'est-à-dire à la continuation de la vie dans les parties séparées du corps.

Déjà, chez les animaux très-inférieurs, des faits d'une importance du premier ordre étaient depuis longtemps connus, qui semblaient, pour ces êtres du moins, résoudre la question. On savait, par exemple, que chacun des nombreux fragments dans lesquels on peut diviser sans danger une Planaire, continue à vivre, à se nourrir, à se mouvoir, et même reproduit les parties qui lui manquent, jusqu'à reconstituer une Planaire complète.

Mais ces êtres infimes sont volontiers dédaignés des médecins dits philosophes, qu'absorbe la contemplation des plus nobles degrés de l'échelle animale. Un principe vital diffluent, une personnalité disséminée semblait suffire à ces gelées vivantes à peine organisées ; mais n'en devait-il pas être autrement pour

l'être sublime qui couronne l'édifice créé, et pour ceux qui s'en rapprochent le plus par l'agencement matériel?

D'ailleurs, l'unité du principe vital ne se manifeste-t-elle pas chez eux par ce fait que si des parties sont détachées de leurs corps, elles sont, *hic et nunc*, condamnées à une mort prochaine? A peine, pendant quelques minutes, et, chez les moins parfaits, pendant quelques heures, conservent-elles une irritabilité que sans doute elles doivent à l'impulsion reçue du principe vital, comme un projectile continue à se mouvoir après l'action d'une force désormais éloignée de lui. Cette impulsion épuisée, elles deviennent la proie des forces physico-chimiques, sans que jamais se voient chez elles des signes personnels de la vie.

Et cependant, chez les Vertébrés eux-mêmes, M. Vulpian (1) avait montré, par une élégante expérience, que si l'on ampute la queue d'un Têtard de Grenouille encore contenu dans l'œuf, cette partie, conservée dans l'eau, vit, grandit et achève toutes les phases de son évolution embryonnaire : arrivée là, elle meurt. Mais on pouvait répondre à ce fait, comme on avait répondu à certains faits tératologiques constatés chez les Mammifères, que le principe vital est, dans l'embryon des animaux supérieurs, disséminé comme chez les animaux inférieurs; ou, tout au moins, que son impulsion est plus durable que dans l'âge adulte, car ces queues de Têtards mouraient fatalement lorsqu'elles avaient dépassé la période embryonnaire. En tout cas, restaient les Vertébrés adultes, restaient surtout les Mammifères, chez lesquels rien de semblable n'avait été jamais constaté.

Si nous ne nous faisons illusion, nos expériences sur les transplantations de queues de Rat détachées du corps depuis plusieurs jours, ou soumises à l'action de modificateurs souvent très-énergiques, sont la meilleure preuve expérimentale directe que l'on puisse invoquer en faveur de l'autonomie des éléments. Il faut bien que le principe vital existe dans chacune de ces parties, si principe vital il y a. Mais pourquoi nous leurrer par des mots sono-

(1) *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, années 1858, 1859, 1861; *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 18 avril 1859.

res? Si nous examinons les faits sans aucune préoccupation extra-scientifique, que voyons-nous? Des propriétés spéciales à la matière organisée et des conditions de milieu, ou, pour parler plus philosophiquement, des phénomènes, qui supposent des conditions intrinsèques et extrinsèques en rapport avec leurs manifestations. Les conditions intrinsèques sont nécessaires; les conditions extrinsèques sont contingentes, en ce sens qu'elles peuvent être supprimées sans que les précédentes aient pour cela disparu (vie *latente* après dessiccation des Rotifères, des queues de Rat, etc.); mais les conditions des deux ordres sont nécessaires pour que les phénomènes continuent à se produire sans interruption (greffe simple), ou se manifestent à nouveau après avoir été suspendus (eau rendue aux Rotifères desséchés) (1).

Analyser les conditions des phénomènes et mesurer l'importance de chacune d'elles, est la science; chercher à en expliquer l'essence, et pour cela leur supposer un mobile immatériel, imaginer une force qui soit en dehors d'elles et cependant les domine, est la fantaisie : nous n'avons pas besoin de dire auquel de ces deux guides nous avons tâché, dans ce travail, et nous tâcherons toujours de rester fidèle.

B. — Il est une question qui, très-voisine de la précédente et en dépendant jusqu'à un certain point, se présente cependant à l'esprit avec une importance telle, qu'elle mérite d'être étudiée à part. Le développement harmonique d'un être vivant, qui le conduit, pour ainsi dire, par des chemins tracés d'avance, à une expression morphologique déterminée et fixe, est-il sous la direction d'un principe unique qui, du lieu central, mais inconnu, où il réside, commanderait par l'irradiation des grands systèmes

(1) Il existe un rapport intime entre les conditions intrinsèques et les extrinsèques: par exemple, les milieux nécessaires à l'accomplissement des phénomènes vitaux sont variables selon les éléments anatomiques que l'on considère. Ainsi l'eau suffit aux fragments de Planaire; les liquides plasmatiques sont nécessaires aux éléments des queues de Rat. Je suis persuadé que l'on pourrait répéter, et facilement, sur des parties de jeunes Mammifères, ou même sur des embryons encore contenus dans l'œuf, les expériences de Dugès sur les Planaires, ou de M. Vulpian sur les Têtards, en les maintenant à une température convenable dans du sang suffisamment aéré et renouvelé, on peut-être même dans du sérum chargé d'hémato-globuline.

à l'évolution régulière et pondérée de chaque partie du corps; ou bien, au contraire, chacune des parties porte-t-elle en elle-même la raison d'être de cette évolution, son plan secret, son patron idéal (Dugès), qui aboutit en dehors de toute influence générale organisatrice à la réalisation de sa forme typique? Le *moule intérieur* appartient-il à l'ensemble ou à chacune des parties? Existe-t-il, dans les éléments histologiques, un mode d'activité que l'on pourrait nommer morphogénique?

Les mêmes arguments pouvaient être opposés à l'existence de ce principe directeur qu'à celle du principe vital, dont il ne serait à vrai dire qu'une manifestation. Nous nous contenterons donc de répéter : nos transplantations de queues et de pattes de jeunes Rats nous semblent résoudre la question pour les Mammifères, et par suite pour l'Homme, au même titre que les expériences sur les Planaires et les queues d'embryons de Grenouilles la résolvaient déjà pour les animaux dits inférieurs (1). Sans doute, la queue d'un jeune Rat introduite sous la peau d'un autre Rat ne reproduit pas un Rat tout entier, comme un fragment de Planaire reproduit une Planaire tout entière; mais l'unité dans les phénomènes n'est pas l'identité. Le fragment de Rat, comme celui de Planaire, continue à vivre, se développe, et acquiert la forme et les dimensions qu'il aurait acquises s'il fût resté en place. Ses cartilages d'ossification s'ossifient; ses épiphyses osseuses se soudent aux diaphyses; ses cartilages intervertébraux, quand il s'agit d'une queue, deviennent fibreux, d'hyalins qu'ils étaient; la moelle celluleuse de ses os se charge de graisse, etc. En un mot, son évolution s'opère suivant ses lois normales, soit dans l'ordre physiologique hygide, soit dans l'ordre physiologique morbide. Si, en effet, les conditions dans les-

(1) Pour ce qui a rapport aux Grenouilles, je me propose de tenter plus tard une expérience que je n'ai pu mettre encore à exécution, à cause de la difficulté de conserver longtemps ces Batraciens vivants dans les laboratoires. Je voudrais écorcher avec soin un très-jeune Têtard, lui enlever les viscères, et lui amputer la tête, puis greffer ce tronçon sous la peau d'une Grenouille. Il sera fort intéressant de voir : 1° si ce tronçon reforme, au moins en partie, la tête enlevée; 2° s'il lui pousse des pattes, au moins des pattes abdominales; 3° si, après un certain temps, l'extrémité caudale disparaîtra, comme dans la métamorphose normale.

quelles a été placé l'organe détaché sont telles que quelque maladie en dût être la conséquence, cette maladie a lieu, et sa marche est celle que devaient lui imposer les circonstances morbigènes.

Ce fragment de Rat avait donc emporté avec lui son type virtuel, l'idée de sa forme, et cela dans chacun de ses éléments constituants, qui *savait*, qu'on me pardonne cette expression figurée, quelle devait être sa forme définitive, celle des éléments auxquels il donnerait naissance, quel mode de groupement ils devaient affecter entre eux et dans leurs rapports avec les éléments voisins. S'il fallait rapporter à un principe, à une essence, l'évolution morphologique d'un être entier, convenons que ce principe n'est pas un, mais multiple, qu'il préexiste dans chaque élément figuré, et que, en ce sens, Kant a eu tort de dire que la raison de l'être vivant réside dans son ensemble : elle réside, comme celle de l'être brut, dans chacune de ses parties. Mais, de ce principe imaginaire, la science doit définitivement se débarrasser : le type morphologique, le *devenir*, fait partie des conditions intrinsèques d'existence de la matière organisée.

C. — Lorsqu'un animal meurt de vieillesse, par usure physiologique, nous voyons que tous ses éléments anatomiques portent les traces d'une dégénérescence sénile plus ou moins avancée. Et c'est, à coup sûr, cette dégénérescence qui, s'augmentant sans cesse par sa propre influence sur la formation des *milieux intérieurs* (Cl. Bernard) de l'animal, a été cause prochaine de la mort par cessation de quelque propriété vitale du premier ordre, comme la contractilité ou la neurilité. Mais chez cet animal même, mort de vieillesse, les éléments anatomiques n'ont très-certainement pas perdu leurs propriétés de nutrition, si ralenties qu'elles soient, et la transplantation permettrait de s'en assurer.

En poursuivant ces réflexions, on arrive à se demander si les éléments anatomiques ont une *mort nécessaire* (Burdach), comme cela semble établi pour les animaux entiers; ou si leur mort, c'est-à-dire la perte de toutes leurs propriétés vitales, quand elle arrive, n'est pas seulement la conséquence de l'action

prolongée de milieux viciés qui a modifié profondément leurs propriétés physico-chimiques.

Les métaphysiciens répondraient aussitôt que ce qui a commencé doit finir, et que l'évolution ascendante de l'élément entraîne la nécessité d'une évolution descendante. Mais, pour quiconque ne se satisfait pas de mots, la question doit paraître debout et entière. Et je me serais gardé de la poser, n'aimant pas les *nugæ difficiles*, si l'expérience ne me semblait avoir prise sur elle.

Il faudrait, pour étudier la durée de la vie des éléments anatomiques, pour savoir si elle est ou non nécessairement limitée, les maintenir, au moment de leur période d'état, dans les conditions où ils se trouvent alors, et ne pas permettre à des milieux dont la composition va s'altérer et les altérer eux-mêmes, de continuer à agir sur eux. Le procédé de la transplantation serait ici fort utile, ou, pour mieux dire, indispensable.

Voici comment je conçois l'expérience : couper la queue d'un Rat arrivé depuis quelque temps à son développement complet, et la transplanter sous la peau d'un Rat notablement plus jeune que lui; lorsque celui-ci commencera à vieillir, extraire la queue greffée et l'introduire sous la peau d'un animal en pleine vigueur de développement, et ainsi de suite. Il serait facile de voir si cette partie, constamment baignée par des milieux jeunes, vivra plus longtemps que l'animal duquel elle a été détachée, ou même si elle vivra d'une manière indéfinie.

Je me contente d'indiquer l'expérience, qui est en voie d'exécution, mais depuis trop peu de temps pour que j'en puisse dès aujourd'hui rien conclure. Je me garde d'entrer dans l'exposition des conséquences philosophiques qu'on en pourrait tirer au point de vue de l'identité des propriétés de la matière organisée et de la matière inorganique, et surtout d'insister sur les arguments plus ou moins séduisants, mais tous *à priori*, par lesquels on pourrait préjuger la solution de la question. L'expérience, juge suprême, est saisie : c'est à elle, ici comme partout, à prononcer en ultime ressort.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHES 6 et 7.

Fig. 1. Expérience par laquelle il est démontré que, dans les tubes nerveux sensitifs, l'ébranlement impressionnel peut être transmis dans le sens centrifuge. *a*, queue renversée, transplantée sur le dos.

Fig. 2. Expérience II, gross. $\frac{10}{1}$. Greffe simple, vertèbre terminale cicatrisée ; avant-dernière vertèbre déformée ; moelle adipeuse, mais riche en médullocelles.

Fig. 3. Même expérience, gross. $\frac{600}{1}$. *a*, os (1) ; *b*, moelle adipeuse (dans laquelle le lithographe a malheureusement donné aux cellules adipeuses un épais contour qu'elles ne possèdent jamais) avec cellules jeunes ; *c*, couches de cellules jeunes au contact de l'os, cellules qui semblent provenir de la mise en liberté des ostéoplastes, et dont quelques-unes ont des formes anguleuses.

Fig. 4. Expérience IV, gross. $\frac{5}{1}$. Queue greffée dont il ne reste plus que deux vertèbres, cicatrisées aux deux extrémités ; riche injection vasculaire.

Fig. 5. Même expérience, gross. $\frac{150}{1}$. Moelle adipeuse, riche en médullocelles.

Fig. 6 et 6 *bis*. Expérience VII, grandeur naturelle. Fig. 6. Squelette de la patte, avant la greffe ; fig. 6 *bis*, après la greffe.

Fig. 7 et 7 *bis*. Expérience X, grandeur naturelle. Fig. 7. Base du crâne avant la greffe intra-péritonéale ; fig. 7 *bis*, après la greffe (dessiné d'après la pièce sèche).

Fig. 8 et 8 *bis*. Même expérience, grandeur naturelle. Fig. 8, queue avant la greffe sous-cutanée ; fig. 8 *bis*, queue après la greffe (dessiné d'après la pièce sèche).

Fig. 9, 10, 11, 12. Expérience V. Processus de la transformation fibreuse de la moelle.

Fig. 9. Gross. $\frac{10}{1}$. Vertèbre terminale déformée et cicatrisée.

Fig. 10. Gross. $\frac{120}{1}$. Moelle prise sur la seconde vertèbre, à l'endroit marqué *a* (fig. 9). *a*, moelle adipeuse, avec quelques médullocelles ; *b*, amas de médullocelles ; *c*, transformation fibreuse au contact de l'os *d*.

Fig. 11. Gross. $\frac{500}{1}$. Moelle prise à l'endroit marqué *b* (fig. 9). *a*, cellules adipeuses rares ; *b*, médullocelles de dimensions à peu près normales ; *c*, médullocelles hypertrophiées ; *d*, tissu fibreux.

Fig. 12. Gross. $\frac{500}{1}$. Moelle prise à l'endroit marqué *c* (fig. 9). *a*, cellules adipeuses, extrêmement rares ; *b*, médullocelles, rares, toutes hypertrophiées ; *c*, tissu fibreux, plus serré au contact de l'os.

Fig. 13. Expérience XV, gross. $\frac{5}{1}$. Greffe après soixante-douze heures de séparation du corps. Dernière vertèbre cicatrisée ; injection.

Fig. 14. Expérience LIII, gross. $\frac{20}{1}$. Cartilage infiltré de sels calcaires ; seul débris d'une greffe résorbée.

Fig. 15. Expérience LXIV, gross. $\frac{100}{1}$. Greffe après température de + 45 degrés. Fibres musculaires striées, mais atrophiées.

(1) Toutes mes coupes ont été faites sur des pièces macérées dans l'acide chromique, qui fait disparaître les prolongements des corpuscules osseux.

Fig. 16. Même expérience, gross. $\frac{20}{1}$. *a*, cavité du disque intervertébral communiquant avec la moelle osseuse, à travers le cartilage.

Fig. 17. Expérience LXXVI, gross. $\frac{9}{1}$. Queue adulte, desséchée, puis greffée. Injection pénétrante.

Fig. 18. Expérience LXXXIII, gross. $\frac{20}{1}$. Queue jeune, séchée, puis chauffée avant la greffe. Greffe datant de vingt-deux jours. Os ayant conservé son épaisseur normale. *a*, injection pénétrant en un point de la moelle. Moelle fibro-celluleuse.

Fig. 19. Même expérience, gross. $\frac{1000}{1}$ environ. Éléments cellulaires très-abondants dans la moelle osseuse.

Fig. 20. Expérience LXXXIV, gross. $\frac{20}{1}$. Queue du même âge et soumise au même traitement que celle de la fig. 18. Greffe datant de trente-trois jours; résorption considérable de l'os. Riche injection vasculaire.

Fig. 21. Même expérience, gross. $\frac{500}{1}$. Moelle fibreuse avec nombreux éléments cellulaires, dont quelques-uns paraissent contenir un noyau graisseux.

Fig. 22. Expérience LXXIX, grandeur naturelle. Queue jeune, desséchée.

Fig. 23. La même, après une greffe sous-cutanée datant de quatre mois.

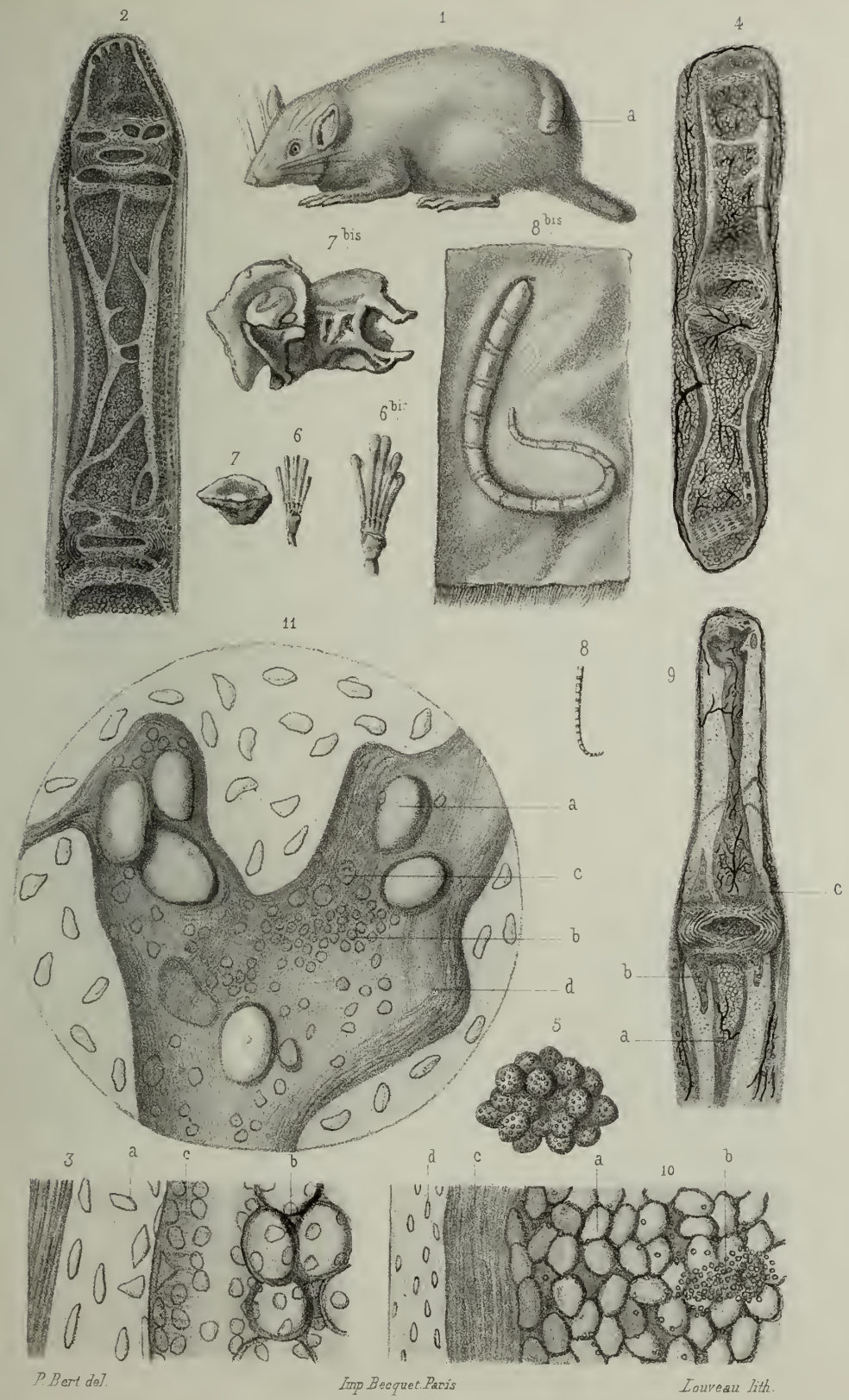
Fig. 24. Portion grossie ($\frac{5}{1}$) de la figure 23, montrant le tissu adipeux qui a remplacé l'os, et les cartilages calcifiés semblables à ceux de la figure 14.

Fig. 25. Portion grossie ($\frac{500}{1}$) de la figure 23, montrant les cellules adipeuses et un capillaire, avec leurs noyaux colorés par le carmin. (Même observation que pour la figure 3, touchant l'épais contour des cellules adipeuses.)

ERRATA.

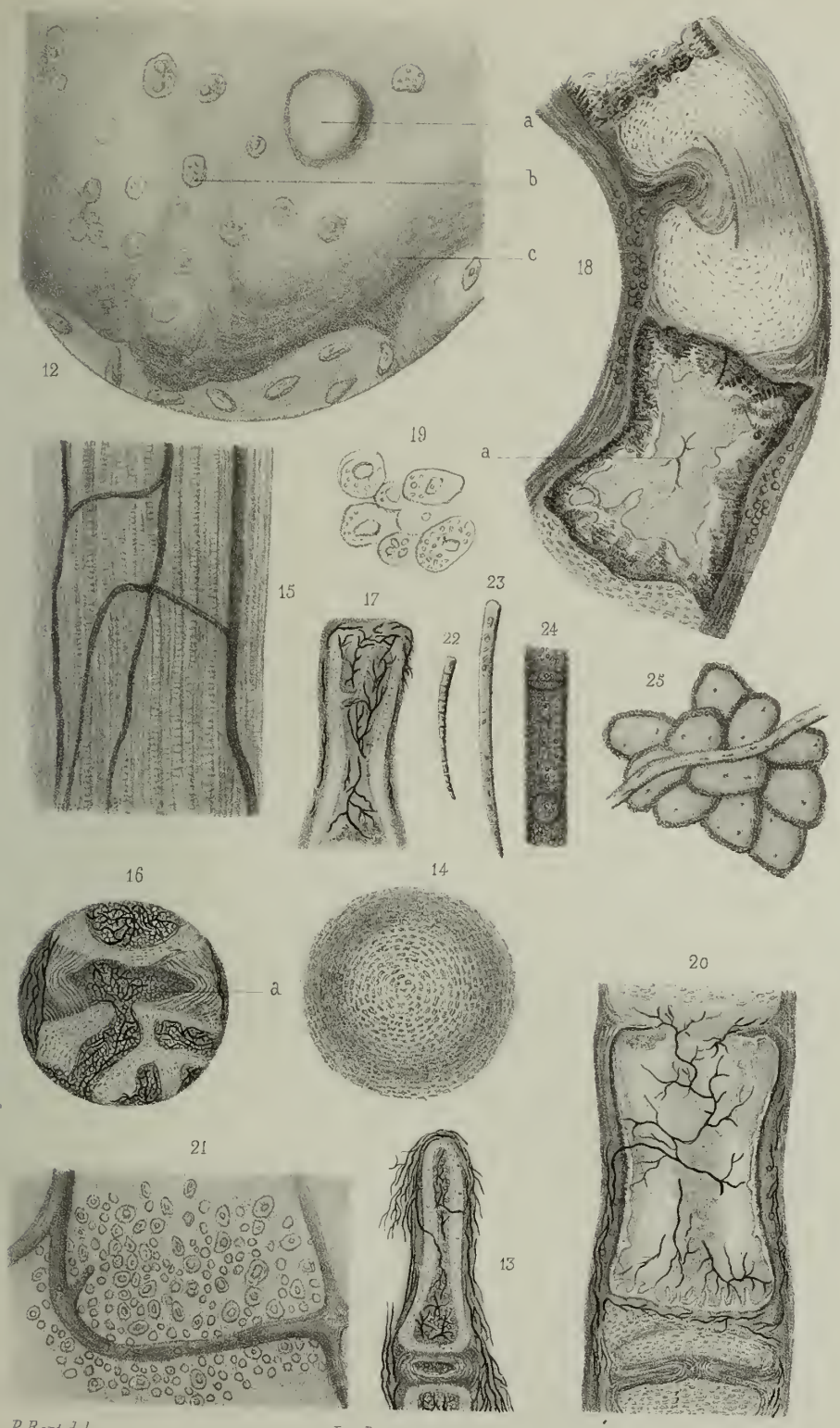
Page.	ligne.	
1,	8,	*au lieu de :* et il est donc, *lisez :* il est donc.
2,	10,	*au lieu de :* jusqu'au sublime, *lisez :* jusqu'au plus sublime.
7,	8,	*au lieu de :* par la contractilité, *lisez :* pour la contractilité.
12,	18,	*au lieu de :* pl. 1, fig. 1, *lisez :* pl. 6, fig. 1.
48,	8,	*au lieu de :* figure 3, pl. 1, *lisez :* figure 3, pl. 6.
57,	10,	*au lieu de :* huit jours, *lisez :* sept jours.

Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.



P. Bert del. Imp. Becquet. Paris Louveau lith.

Transplantation des tissus.



P. Bert del. Imp. Becquet, Paris. Louveau lith.

Transplantation des tissus.